



جامعة الكويت
مركز البحوث والدراسات والنشر



الفيزياء العملية

تأليف

م.م. مهدي عبد الصاحب مهدي

مراجعة

أ.م. د. طالب زيدان الموسوي

منشورات

مركز البحوث والدراسات والنشر
جامعة الكوت



٥٣٠

م ٩٤٩ مهدي، مهدي عبد الصاحب.
الفيزياء العملية / مهدي عبد الصاحب مهدي. - ط ١. - بغداد:
مطبعة جامعة الكوت، ٢٠٢٣
٥٧٦ ص؛ ٢٤ سم.

١- الفيزياء (العملية). أ. العنوان

رقم الايداع

٢٠٢٣ / ٣٦٤٧

المكتبة الوطنية/الفهرسة اثناء النشر

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد

٣٦٤٧ لسنة ٢٠٢٣ م

ISBN: 978-9922-685-55-7

ملاحظة

مركز البحوث والدراسات والنشر في جامعة الكوت
غير مسؤول عن الافكار والرؤى التي يتضمنها الكتاب
والمسؤول عن ذلك الكاتب او الباحث فقط.



بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة Preface:

لكي توضع تحت تصرف طلبتنا الاعزاء مرحلة دراسة البكالوريوس مجموعة كافية من تجارب الفيزياء العملية [يمكنهم من الاستناد عليها] في سدا الحاجة ومحاولة شرح التجارب بشكل مبسط، بأسلوب علمي، متدرجة بمحتوياتها من التجارب البسيطة الى المتقدمة

وحيث يضم الكتاب ايضاً الملاحق التالية لأهميتها:

- ملحق (A): راسم الاهتزاز المهبطي.
- ملحق (B): دراسة خواص ومميزات دوائر RCL, RL, RC
- ملحق (C): الجداول

وحيث تم اقتباس بعض التجارب والمواضيع ك الجزء الثاني والثالث.

علماء: -

1) ان المختبرات تتوجب الصيانة، وتحديث الاجهزة، وهذا ما يحصل حالياً لمواكبة التطورات العلمية السريعة وحسب امكانياتها.

2) وجوب ان يكون طلبتنا ذوي اهتمام او رغبة علمية عالية لإنجاز التجارب العملية واعطائها ما تستحق من متطلبات وان يعتمد الطالب على نفسه ما أمكن من انجاز التجارب المطلوبة

3) اخيراً لا يسعني الا الشكر الجزيل الى كلية العلوم / جامعة كربلاء ابتداءً من السادة العميد ورئيس القسم والتدريسين المحترمين للإسناد، وبروز ظاهرة التفاعل والحيوية لهذه الكلية الناشئة املين ان تكون التجارب المدرجة ضمن المستويات المطلوبة ومتماشية مع رغبة واهتمام التدريسين والمشرفين والطلبة.

ولا يسعنا بالختام الا ان نتقدم بالشكر والامنتان لجميع من ساهم في اعداد التجارب واخراج هذا الكتاب ولدنا (مناف) ومكتبة الازل للطباعة والنشر والاستساخ

(علماء تم إعداد هذا الكتاب بتوافق مع احتياجات مختبرات كلية العلوم / جامعة كربلاء)

والله الموفق

نبذة

هذا الكتاب يتضمن تجارب عملية لمختبرات الفيزياء (اكثر من 90 تجربة) للمرحلتين (الأولى/ الثانية) ويتضمن تجارب مستويات اعلى :

تجارب كهربائية / بصريات / فيزياء حديثة / نووية

وقد اعتمد في المقدمة التعريفية الوحدة الاولى على مصدر (4) والمتضمنة ارشادات وتعليمات للعاملين بالمختبرات كـ (الرسوم البيانية ، مصادر الاخطاء ...) .

بالنسبة للملاحق والجداول A,B,C فقد تم الاعتماد على المصادر (4,5,7).

وبالنسبة للجزء الثاني الخاص بتجارب مختبر الالكترونيات التماثلية فقد اعتمد على المصدر (3).

وبالنسبة للجزء الثالث الخاص بالتجارب النووية باللغة الانكليزية فقد اعتمد على المصدر (1).

آملين حسن الاستفادة

المحتويات

المقدمة Preface:.....أ

1 - إرشادات وتعليمات للعاملين بالمختبرات العلمية:..... 1 -

الوحدة الأولى: تجارب في الميكانيك وخواص المادة

- تجربة رقم (1) تعيين كثافة سائل باستخدام انبوبة اختبار مقلقة..... 25
- تجربة رقم (2) توازن القوى..... 28
- تجربة رقم (3) البندول البسيط..... 31
- تجربة (5) الاحتكاك الساكن (Coefficient of friction static)..... 38
- تجربة رقم (6) البندول المركب - compound pendulum..... 42
- تجربة رقم (7 B) النابض الحلزوني (SPIRAL SPRING)..... 50
- تجربة رقم (C7) استخدام النابض الحلزوني لتعيين قيمة التعجيل الأرضي (g) Gravity acceleration..... 54
- تجربة رقم (8) تعيين نصف القطر الدوراني - radius of gyration..... 58
- تجربة (9) عزم القصور الذاتي لساق باستخدام بندول بفلر..... 62
- تجربة رقم (10) A انحناء العوارض - bending of beams..... 66
- تجربة رقم (10) B معامل يونك باستخدام اسلاك في نهايتها ائفال..... 73
- تجربة رقم (11) تعيين معامل الصلابة لمادة..... 75

الوحدة الثانية: الحرارة

- تجربة (12) تعيين الشد السطحي لسائل باستخدام انبوب شعري..... 81 -
- تجربة رقم (13) تعيين الشد السطحي لسائل بطريقة وزن القطرات Drop-weight method..... 84 -
- تجربة رقم (14) استخدام قاعدة ارخميدس (Archimedes principle) لتعيين الوزن النوعي (specific Gravity)..... 88 -
- التجربة رقم (15) التوتر السطحي - Surface tension..... 91 -
- تجربة رقم (17) تعيين لزوجة الماء بطريقة السريان خلال انبوب شعري..... 96 -
- تجربة رقم (18) تعيين لزوجة سائل بطريقة ستوكس - stokes method..... 101 -
- تجربة (19) تحقيق قانون نيوتن في التبريد Newton's Law of Cooling..... 105 -
- تجربة (20) تعيين الحرارة النوعية لسائل بطريقة التبريد Sp. Heat of Liquid by Method of Cooling..... 108 -
- تجربة (21) معامل التوصيل الحراري..... 111 -
- تجربة (22) تعيين معامل التوصيل الحراري لمادة رديئة التوصيل للحرارة بطريقة قرص ليزر..... 114 -
- تجربة (23) تعيين معامل التوصيل الحراري لمادة جيدة التوصيل للحرارة بطريقة سيرل - Searles Method..... 118 -
- تجربة (24) السعة الحرارية - Heat capacity..... 121 -
- تجربة (25) الحرارة النوعية - Specific heat..... 131 -
- تجربة (26) تعيين ثابت ستيفان في الإشعاع الحراري..... 135 -
- تجربة (27) تمدد الماء..... 139 -

تجربة رقم (28) دورة المحرك الحراري العكسية (المبرد) - 142 -

الوحدة الثالثة : تجارب في الكهرباء

تجربة (29) قانون أوم- ohm's law - 157 -

تجربة (30) المقاومة النوعية- Resistivity of wire - 159 -

تجربة (31) القنطرة المترية-The wheat stone bridge - 161 -

تجربة (32) المكافئ الميكانيكي الحراري (مكافئ جول) Joule equivalent - 163 -

تجربة (33) إثبات قانون استيفان بولتزمان - 166 -

تجربة (34) إيجاد ق. د. ك. و المقاومة الداخلية لعمود كهربائي بطريقة مبسطة - 171 -

تجربة (35) العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد باستخدام فتيلة مصباح من التنجستن - 174 -

تجربة (36) سعة مكثف - 177 -

تجربة (37) الثابت الزمني لمتسعة - Time constant - 180 -

الوحدة الرابعة: البصريات- 127 -

تجربة (38) العدسات - Lenses - 151 -

تجربة (39) الانكسار - Coefficient of Refraction - 153 -

تجربة (40) معامل الانكسار سائل - Liquid refraction coefficient - 156 -

تجربة (41) تعيين معامل انكسار سائل باستخدام عدسة لامة ومراة مستوية - 158 -

تجربة (42) زاوية الانحراف الصغرى للموشور - 161 -

تجربة (43) قياس قطر حبيبات اللوكديوم - 164 -

نبذة عن جهاز المطياف (مقياس الطيف) - 167 -

التجربة رقم (44) قياس معامل انكسار زجاج الموشور باستخدام المطياف - 170 -

التجربة رقم (45) استقطاب الضوء - 176 -

التجربة رقم (46) حيود فرانهورف بشق أحادي - 180 -

تجربة رقم (47) قياس طول موجة ضوء الصوديوم باستخدام حلقات نيوتن - 185 -

التجربة (48) دراسة ظاهرة التداخل في الضوء - 191 -

التجربة (B 48) الليزر في القياسات - 197 -

التجربة (C 48) إيجاد الطول الموجي لاشعة الليزر باستخدام محرز الحيود - 201 -

التجربة (D 48) قياس الطول الموجي لشعاع الليزر بواسطة خاصية الاتجاهية - 205 -

الوحدة الخامسة تجارب في الفيزياء (الذرية والنووية)

التجربة رقم (49) تكمم الشحنة وقياس شحنة الإلكترون - 208 -

التجربة رقم (50) سلوك الحزمة الإلكترونية في المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي - 212 -

تجربة (51) إيجاد الشحنة النوعية للإلكترون (e/me) بطريقة المغنترن - 217 -

تجربة (52) تأثير زيمان - 221 -

تجربة (53) تعيين قيمة ثابت ريديرج (R) - 227 -

- 233 تجربة (54) التوزيع الإحصائي للعد
- 236 تجربة (55) تحقيق قانون التربيع العكسي
- 239 تجربة (56) دراسة التوزيع الزاوي للإشعاع المنبعث من مصدر مشع
- 242 تجربة (57) عداد جايجر
- 246 تجربة (58) قياس زمن التحليل لعداد جايجر
- 249 التجربة (59) تعيين عمر النصف لعنصر مشع
- 252 التجربة رقم (60) تعيين معامل الامتصاص الخطي للرصاص

الوحدة السادسة : تجارب إضافية متنوعة

- 256 تجربة رقم (61) المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي للأرض
- 260 تجربة (62) تحقيق قانون التربيع العكسي (Inverse Square Law)
- 264 تجربة رقم (63) قياس مقاومة صغيرة
- 266 تجربة رقم (64) تعيين عرض شق بواسطة نموذج الحيود
- 268 التجربة (65) الخلية الشمسية / الجزء الأول The Solar cell
- 275 تجربة رقم (66) (الخلايا الشمسية) / الجزء الثاني
- 280 تجربه رقم (67) قياس درجة حرارة منبع سخان اعتمادا على قانون ستيفان بولتزمان
- 288 تجربة رقم (68) مقياس التداخل لمايكلسون
- 293 تجربة (69) محرز الحيود Diffraction grating
- 297 تجربة (70) قوانين كرشوف
- 301 تجربة (71) قياس سعة متسع كهربائي وتعيين مقاومته باستخدام فولتمتر
- 304 تجربة (72) ممانعة ملف ومتسعة ومقاومة

الملاحق

- 257 ملحق A راسم الاهتزاز المبهطي
- 330 ملحق B دراسة خواص ومميزات دوائر RC, RL, RCL عند تغذيتها من منبع تيار مستمر
- 330 ملحق C الجداول

الجزء الثاني تجارب مختبر الالكترونيات التماثلية

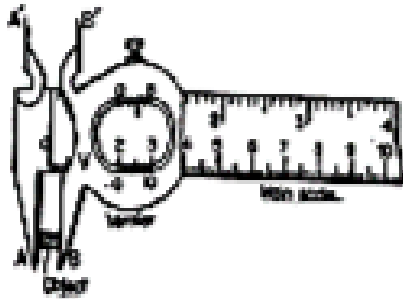
- 351 التجربة (73) الاوسيلوسكوب (The Oscilloscope)
- 354 التجربة (74) دوائر القطع باستخدام الداويد
- 359 التجربة (75) دوائر القطع باستخدام الداويد
- 364 التجربة رقم (76) خصائص الثنائيات البلورية
- 375 التجربة رقم (77) استخدامات الثنائي البلوري
- 388 التجربة رقم (78) ثنائي زينر Zener diode
- 395 التجربة رقم (79) خصائص الترانزستور ذو الباعث المشترك
- 402 التجربة رقم (80) استقراريه نقطة عمل الترانزستور

- 410 التجربة رقم (81) الترانزستور كمكبر
- 418 التجربة رقم (82) مكبر الباعث المشترك
- 423 التجربة رقم (83) خصائص ترانزستور تأثير المجال
- 429 التجربة رقم (84) مكبر ترانزستور تأثير المجال

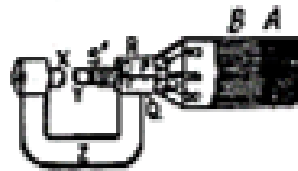
الجزء الثالث :تجارب مختبر الفيزياء النووية

المصادر.....C

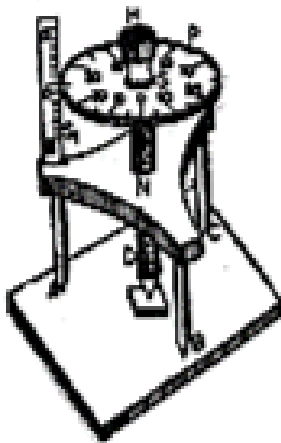
مخطط لبعض الأجهزة



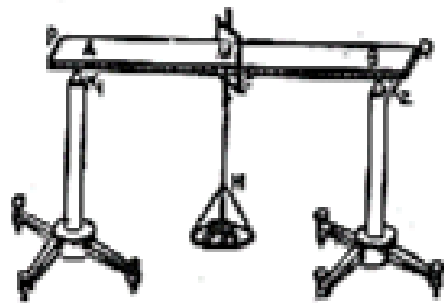
(1) slide caliper



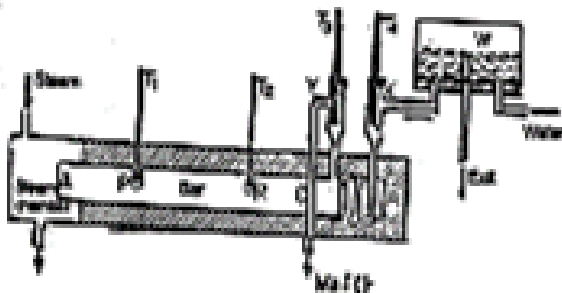
(2) screw-gauge



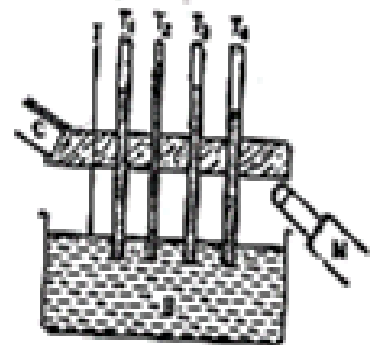
(3) spherometer



(4) Bending of beam



(5) seale's apparatus



(6) Surface tension by Capillary tube method

أجهزة لبعض الأجهزة

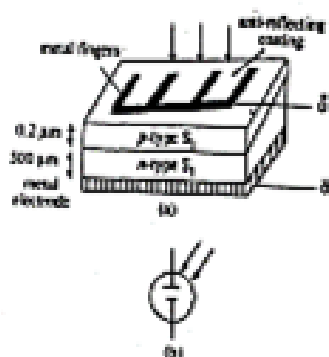


Fig. 7 : Solar cell—its (a) construction and (b) symbol

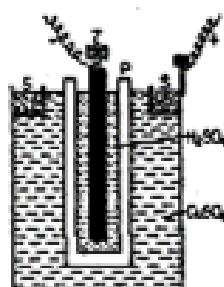


Fig. 8 : Daniell cell

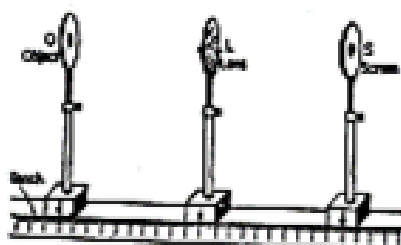


Fig. 9 : Optical Bench

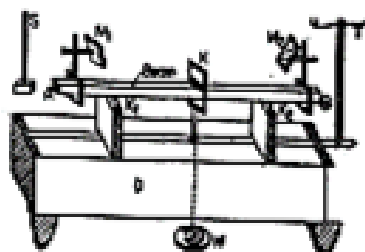


Fig. 10 : Method to find f

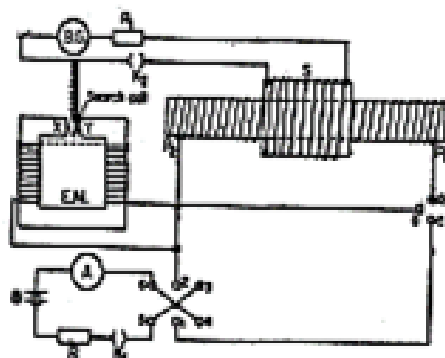


Fig. 11 : Measurement of magnetic field

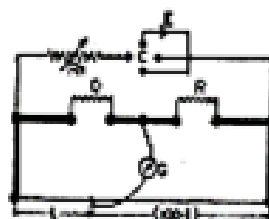


Fig. 12 : Specific resistance of a wire

مقدمة تعريفية ارشادات والاختاء التجريبية

1- إرشادات وتعليمات للعاملين بالمختبرات العلمية:

قبل الشروع في اجراء التجارب داخل المعامل والمختبرات واستعمال المواد والمعدات و الأجهزة المختلفة، يجب الاطلاع على بعض القواعد والإرشادات التي يجب ان تتبع داخل المختبرات وذلك حفاظا على السلامة العامة للطلبة والمعدات، وفيما يلي بعض الارشادات:

1. يجب ارتداء المعطف الخاص بالمختبر
2. عدم العبث بالأدوات والأجهزة قبل قراءة تعليمات تشغيلها.
- 3 عدم وضع أشياء لتغطية فتحات التهوية للأجهزة الكهربائية، كذلك عدم وضع مواد سائلة عليها.
4. يجب استشارة مشرف المختبر قبل توصيل الدوائر الكهربائية بمصدر الجهد وذلك للتأكد من صلاحية الاجهزة، ودقة الربط.
5. في حالة استخدام المواد المشعة في مختبرات الفيزياء النووية ننصح الطلبة بارتداء الملابس الواقية من الإشعاع، مع عدم المكوث فترة زمنية طويلة قرب المصادر المشعة، وكذلك عدم حمل أو لمس المصادر المشعة باليد.

a. المستلزمات الأساسية للمختبرات:

على كل طالب قبل ان يدخل مختبر الفيزياء ان يحضر معه المستلزمات الآتية:

1. دفتر ملاحظات لتدوين البيانات والنتائج التجريبية بشكل منظم
2. مسطرة شفافة وهي ضرورية لرسم الخطوط البيانية المستقيمة حيث يمكن رؤية النقاط التي تقع على طرفي خط المستقيم.
3. مسطرة من المطاط (تعرف بالمسطرة المرنة وهي ضرورية لرسم المنحنيات.
4. حاسبة الكترونية وقلم رصاص رفيع.
5. اوراق بيانية خطية ولوغاريتمية

b. الاستعدادات العلمية للطالب:

يجب على كل طالب قبل ان يدخل الى مختبر الفيزياء :

1. أن يعلم الغرض من اجراء التجربة اي ما الهدف الذي يبحث عنه فمثلا هل تهدف التجربة الى قياس ثابت فيزيائي معين مثل ثابت هول (R) او تعيين قيمة خاصية فيزيائية معينة مثل تعيين قيمة الموصلية (k) او التحقق من صحة قانون فيزيائي معين مثال (تحقيق قانون التربيع العكسي).
2. ان يأخذ فكرة ولو ضئيلة على نظرية التجربة وان يتأكد من وجود الادوات والاجهزة اللازمة لأجراء التجربة.
3. ينبغي على الطالب ان ينظم الأدوات والاجهزة المستخدمة لأجراء التجربة بشكل مناسب ليعمل بكفاءة وينظم وقته ليستفيد من الوقت المخصص لأجراء التجربة وخاصة اثناء الامتحانات
4. كذلك ينبغي على الطالب عدم تفكيك الاجهزة الا بعد التأكد من الحصول على جميع القياسات.
5. واخيرا بعد ان يكمل الطالب تجربته ويسجل كل القياسات المطلوبة عليه ان يكتب تقريراً علمياً وينبغي ان تكون لغة الكتابة التقرير واضحة يراعى فيها استخدام المصطلحات العلمية الصحيحة وان يوضح فيه العناصر الاتية (مع مراعات تسلسل الفقرات):

1. عنوان التجربة : يذكر فيه اسم التجربة والغرض منه التعريف بالتجربة وليس شرحها بالتفصيل.
2. الغرض من التجربة : وهو التعريف بما يريد ايجاده من نتائج بعد اجراء التجربة واخذ كل قياسات .
3. الاجهزة والادوات: ذكر جميع الاجهزة الادوات المستخدمة لأجراء التجربة ورسمها بوضوح لتوضيح كيفية توصيلها واستخدامها في التجربة اي رسم الدائرة الكهربائية مثلاً.

4. نظرية التجربة: تكتب نظرية التجربة في الأول وفي معظم التجارب تكون التجربة عبارة عن تحقيق ما تنتبأ به نظرية معينة وما ينتج من التجربة يجب ان يؤيد النظرية .

5. طريقة العمل: حيث تكتب خطوات عمل التجربة ونصح الطالب بكتابتها في نفس يوم اجراء التجربة حتى لا ينسى بعض الخطوات المهمة كذلك يجب ان تكتب خطوات العمل بتسلسل واضح معتبرا نفسه يكتبها الشخص ليس لديه فكرة عن ما يريد عمله.

6. النتائج القراءات الحداول والرسوم البيانية ويجب على الطالب تدوين النتائج بطريقة منظمة وواضحة وكتابة الوحدات المرفقة للكميات المستخدمة كما يجب على الطالب ان يخطط للكيفية التي يريد بها تنظيم النتائج وتسجيلها قبل البدء في اخذ النتائج.

7. الحسابات: اجراء العمليات الحسابية التي بواسطتها يتمكن الطالب من الوصول الى ايجاد الكمية المطلوب تعيينها عمليا وفي معظم التجارب يتم تمثيل النتائج المدونة في رسم بياني. وهذه العملية مهمة جدا وتتطلب مهارة يجب على الطالب ان يتعلمها في عرض نتائجها والتي سنناقشها بتفصيل لاحقا.

8. المناقشة و الاستنتاج: وفيه يقوم الطالب بمقارنة ما توصل اليه بالنظرية او بالنتائج العملية المعروفة ومن ذلك يمكنه حساب الخطأ التجريبي مع. مناقشة نتائجه.

ذكر الفائدة الفعلية من القيام بالتجربة ومصادر الخطأ في القياسات والحسابات ان اي تقرير لا يتضمن فقرة المناقشة لا يعد مقبولا.

2. الاخطاء التحريسية Experimental errors

ان كلمة الخطأ في الفيزياء العملية تعني عدم التأكد uncertainty من القيمة المقاسة عمليا وتستخدم كلمة اخرى مرادفة لها وهي كلمة الصواب accuracy وللكلمتين خطأ والصواب مدلول احصائي ومن الضروري هنا التمييز بين كلمة الصواب وكلمة الدقة precision والتي تستخدم عادة. مع الاخطاء النظامية، وتعني عدم الدقة في التسجيل قياس الجهاز ولها العلاقة ايضا بأقل تدرجه في مقياس الجهاز.

لتوضيح اهمية تقدير الخطأ في القياسات التجريبية ندرج كمثال تاريخ قياس سرعة الضوء بطريقة المرأة الدوارة على مدى نصف قرن من الزمن في الجدول الآتي

السرعة بـ كم/ثانية	اسم الباحث	تاريخ اجراء التجربة
$299\,999 \pm 200$	Cornu	1875
$299\,910 \pm 50$	Michelson	1880
$299\,860 \pm 30$	Newcomb	1883
$299\,850 \pm 60$	Michelson	1883
$299\,796 \pm 4$	Michelson	1926

نستنتج من هذا الجدول النقاط الآتية :

1. لا يمكن ان تكون القيمة المقاسة تجريبيا خالية من الخطأ.
2. يجب تكرار التجربة بشكل مستمر للتقليل من الخطأ والاقتراب من القيمة الحقيقية.
3. يجب تقدير الخطأ والحاقة بالنتيجة النهائية وبالتالي الكمية المقاسة التي يتم الحصول عليها

في المختبر لن تكون لها اي معنى ما لم يذكر معها الخطأ المحتمل لان ذكر الخطأ. النتيجة النهائية يجعل الارقام الواردة فيها ذات معنى او ارقام معنوية significant digits بالنظر إلى الجدول السابق نلاحظ ان مايكلسون سجل نتيجته عام 1880 بخمسة ارقام معنوية وبخطأ 50 $\pm$ كم ثانية وبعد 50 سنة (1926) من قياس سرعة الضوء سجل نتيجته الاخرى في خمسة ارقام معنوية وخطا 4 $\pm$ كم ثانية فقط اما في هذه الايام نستخدم رقما يتضمن عشرة ارقام معنوية (299792459.0 ± 0.8) م/ ثانية (بخطأ 0.8 $\pm$ م/ ثانية فقط.

عموما يمكن تصنيف الأخطاء التجريبية إلى صنفين :

الاطء النظامية Systematic errors

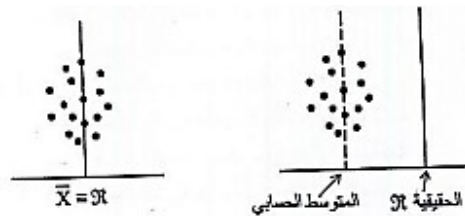
الاطء العشوائية Random

2.1. الاخطاء النظامية Systematic errors

تتكرر هذه الاخطاء في القياسات بنفس المقدار والاشارة ومن الاخطاء النظامية مثلا تأثير الزمن الميت Dead time على استجابة عداد جايجر للإشعاع وتأثر بعض اجهزة القياس الكهربائي بالمجال المغناطيسي الارضي وكذلك الاخطاء الشخصية والخطأ الصفري في اجهزة القياس ولا توجد طريقة عملية أو إحصائية للكشف أو التقليل من الاخطاء النظامية بل تعتمد على الخبرة العملية للشخص ودقة الاجهزة المستخدمة .

2.2. الاخطاء العشوائية

يوجد هذه النوع من الاخطاء في جميع القياسات التجريبية وتتغير قيمتها في المقدار والاشارة بتكرار القياسات كما ان هذا النوع من الاخطاء يخضع للمعاملات والطرق الاحصائية ويمكن التقليل منه بالتكرار واخذ عددا كبيرا من القياسات والجدير بالذكر ان الاخطاء العشوائية في غياب الاخطاء النظامية تتوزع حول القيمة الحقيقية للكمية R المراد قياسها وفي حالة وجود الاخطاء النظامية ينحرف المتوسط الحسابي للقياسات عن موقع القيمة الحقيقية كما هو موضح بالشكل (1)



شكل (1)

3. العمليات الاحصائية للأخطاء العشوائية

Statistical processing of random errors

إذا اخذنا عدداً من القياسات لكمية فيزيائية معينة مثل:

x_1, x_2, x_3 الى x_n (حيث $n = 1, 2, 3, \dots$) وافترضنا ان هذه القياسات خالية من الاخطاء النظامية و من الطبيعي ان تختلف القياسات عن بعضها البعض بسبب الاخطاء العشوائية، فالمتوسط الحسابي $\bar{x}$ لهذه القياسات يمثل احسن قيمة للكمية المقاسة ولكن لا يساوي القيمة الحقيقية R

والسؤال الذي يفرض نفسه هو مدى قرب $\bar{x}$ من R والجواب على هذا السؤال غير معلوم ، ولكننا متأكدون بأن القيمة الحقيقية تقع ضمن مدى معين تتوسطه $\bar{x}$. وهذه الحقيقة علمية احصائية تحتاج الى بعض العمليات الاحصائية .

وقبل الدخول الى هذه العمليات الاحصائية نحاول تعريف المصطلحات التي ترد في هذه العمليات ومنها:-

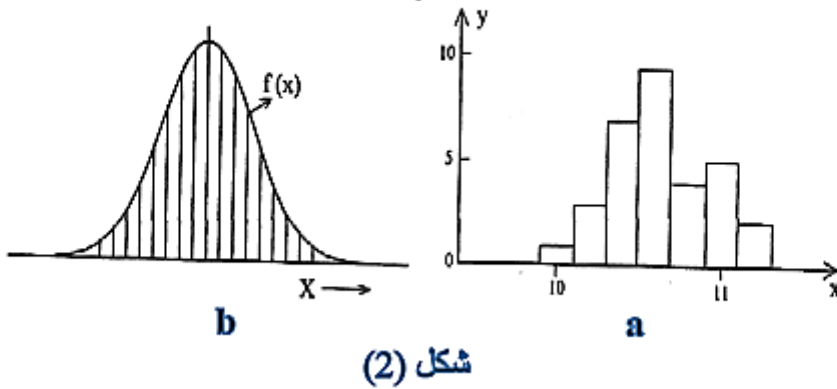
المدرج التكراري : Histogram

الفاصلة	عدد التكرار
9.9-10.1	1
10.1-10.3	3
10.3 -10.5	7
10.5-10.7	9
10.7 - 10.9	4
10.9 - 11.1	5
11.1-11.3	2

جدول (1)

يمكن الحصول على المدرج التكراري من القياسات وذلك بتقسيم مدى القياسات الى فاصلات متساوية واتساع هذه الفاصلات اختيارية ، و ثم يحصى عدد مرات القياس في كل فاصلة .

ويمثل الشكل (2-a) نموذجاً لمدرج تكراري للقياسات المدرجة في الجدول رقم (1).



دالة التوزيع (منحنى التوزيع) $f(x)$ Distribution function:

إذا كان عدد تكرار القياسات كبيرة واتساع الفاصلة في المدرج التكراري الموضح في الشكل (2) صغيرة جداً فيمكن التعبير عن عدد تكرار القياس بدالة $f(x)$. وإذا تم رسم $f(x)$ على المحور الصادي والكمية المقاسة (x) على المحور السيني فنحصل على منحنى يسمى بمنحنى التوزيع بدلاً من المدرج التكراري. تعرف دالة التوزيع $f(x)$ بحيث ان $f(x) dx$ تمثل احتمال وقوع قياس مفرد ما مأخوذ عشوائياً من التوزيع ضمن الفاصلة من x الى $x + dx$ وتحقق العلاقة الآتية :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1 \dots \dots \dots (1)$$

ومن مميزات دالة التوزيع أن قيمتها تقوّل إلى الصفر عندما يكون الفرق بين القيمة المقاسة x والقيمة الحقيقية كبير أو لانهائية، ويعبر عن القيمة المتوسطة ($\bar{x}$) لهذه الدالة بالعلاقة الآتية:

$$\langle x \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx \dots \dots \dots (2)$$

وبما أن عدد القياسات في التوزيع كبير جدا وخالية من الأخطاء النظامية فإنه من الممكن اعتبار (x) مساوية للقيمة الحقيقية R .

الخطأ المطلق, e : Absolute error

يمثل هذا الخطأ ناتج طرح القيمة الحقيقية R من القيمة المقاسة أي: $e = x - R$ (3)

3.1 الخطأ المعياري σ ، standard error : هو جذر متوسط مربعات الخطأ المطلق أي:

$$\sigma^2 \langle e^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - R)^2 f(x) dx \dots \dots \dots (4)$$

ويعتبر الخطأ المعياري مقياساً لانتشار التوزيع أو التشتت في القياسات.

الخطأ النسبي e_r : Relative error

هو النسبة بين الخطأ المطلق والقيمة الحقيقية أي :

$$e_r = \frac{e}{R} \dots \dots \dots (5)$$

الخطأ المئوي σ_p percentage error : هو حاصل ضرب الخطأ النسبي في 100.

3.2 الخطأ المعياري في المتوسط σ_m , standard error in mean value

هو جذر المتوسط الحسابي لمربعات الخطأ في المتوسط لعدد كبير من مجموعات القياسات وله علاقة بالخطأ المعياري لقياس واحد σ . ولانحراف المعياري للعينة s ويمكن بيان علاقة (σ_m, σ) كما موضحة في المعادلة (11).

الانحراف المعياري للعينة s , standard deviation of sample :

هو جذر متوسط مربعات القيم المتبقية residuals حيث القيمة المتبقية لقياس مفرد ما، تعرف كما يأتي

وكذلك يعرف الانحراف المعياري ل N من القيم المتبقية بالعلاقة الآتية:

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_i^2| \dots \dots \dots (6)$$

a. علاقة σ_m بالخطأ المعياري σ :

لأثبت العلاقة بين σ_m و σ ونفترض ان لدينا القياسات σ_m الى x_n لكمية فيزيائية معينة ليس بالضرورة ان تكون قيمة N كبيرة جدا المتوسط الحسابي $\bar{x}$ يمثل احسن قيمة لهذه الكمية:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \dots \dots \dots (7)$$

والخطأ المطلق في قياس مفرد ما يعطى بالعلاقة :

$$e_i = x_i - R \dots \dots \dots (8)$$

حيث R القيمة الحقيقية للكمية وهي بالطبع مجهولة. اما الخطأ في المتوسط ε يعطى بالعلاقة

$$\varepsilon = \bar{x} - R \dots \dots \dots (9)$$

إذا واصلنا في تسجيل مجموعات من القياسات إلى أن تصل إلى عدد كبير جداً، فإن التجميع الكلي للقياسات يمثل توزيعاً له الخطأ المعياري σ كذلك لكل مجموعة من هذه المجموعات متوسط حسابي خاص بها والمتوسطات الحسابية لهذه المجاميع تكون فيما بينها توزيعاً له الخطأ المعياري في المتوسط ويرمز له بالرمز σ_m . وفيما يلي نثبت العلاقة بين σ و σ_m . الخطأ في المتوسط ε بالنسبة لمجموعة واحدة من القياسات عددها N ، يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon = (\bar{x} - R) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - R) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$$

و لذلك

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N e_i^2 - \frac{1}{N} \sum_i^N \sum_j^N e_i e_j \dots \dots \dots (10)$$

$i \neq j$

متوسط الحد الأول لهذه المعادلة يساوي $\langle e^2 \rangle / N$ أما متوسط الحد الثاني لها يساوي صفر وذلك لأن e_i, e_j مستقلان عن بعضهما وبذلك : $\varepsilon^2 = \frac{1}{N} \langle e^2 \rangle$

وحسب التعريف $\sigma^2 = \langle e^2 \rangle$ و $\sigma_m^2 = \langle \varepsilon^2 \rangle$ وعليه فان :

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \dots \dots \dots (11)$$

هذه تمثل العلاقة بين σ و σ_m إذا رجعنا إلى المعادلة (4) نجد أن قيمة (σ) لا تعتمد على عدد القياسات N بل تعتمد فقط على دقة القياس، بينما في العلاقة (11) قيمة σ_m تتناسب عكسياً مع جذر N وطردياً مع σ .

b. علاقة الخطأ المعياري في المتوسط σ_m و بالانحراف المعياري للعينة S :

بالرغم من أهمية العلاقة (11) فإنها بمفردها لا تمكننا من حساب σ_m لأن قيمة σ غير معلومة ولا نستطيع حسابها لعدم معلومية القيمة الحقيقية R أصلاً. يمكن التغلب على هذه المشكلة بالاستفادة من القيم المتبقية d_i والمعادلة رقم (6) من المعادلتين (8) و (9) نجد :

$$x_1 - \bar{x} = e_i - \varepsilon \dots \dots \dots (12)$$

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 - 2 \varepsilon \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i + \varepsilon^2$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 - \varepsilon^2 \dots \dots \dots (13)$$

وهذا بالنسبة لمجموعة واحدة من القياسات. أما إذا أخذنا المتوسط لهذه المعادلة على عدد كبير من المجموعات في التوزيع فنحصل على:

$$\langle s^2 \rangle = \sigma^2 - \sigma_m^2 \dots \dots \dots (14)$$

ومن المعادلتين (11) و (14) نحصل على:

$$\sigma^2 = \frac{N}{N-1} \langle s^2 \rangle \dots \dots \dots (15)$$

و

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{(N-1)} \langle s^2 \rangle \dots \dots \dots (16)$$

بفرض s^2 كأحسن تقريب للكمية $\langle s^2 \rangle$ نحصل على:

$$\sigma_m = \frac{s}{(N-1)^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (17)$$

يمكن حساب قيمة s عملياً من علاقة أخرى غير المعادلة (6) وهي:

$$s^2 = [S(x)]^2 - (\bar{x} - x)^2$$

حيث ان :

$$[S(x)]^2 = \frac{1}{N} \sum (x_i - x) \dots \dots \dots (18)$$

و x هنا عدد صحيح قريب جدا من المتوسط الحسابي $\bar{x}$ ويعرف عادة بمتوسط التشغيل

Working mean

4. توزيع جاوس Gaussian distribution

لم نحدد لحد الان صيغة دالة التوزيع $f(x)$ للأخطاء العشوائية ومن ثم المتغيرات الاحصائية التي تم الحصول عليها حتى الآن لا تعتمد على اي دالة معينة ولا حراز تقدم أكثر في العمليات الاحصائية علينا اختبار دالة معينة لتوزيع القياسات ، والدالة الملائمة.

لتوزيع الاخطاء العشوائية هي دالة جاوس (شكل 3) التي تمثل بالصيغة الرياضية الآتية:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot e^{-(x-R)^2/2\sigma^2} \dots\dots(19)$$

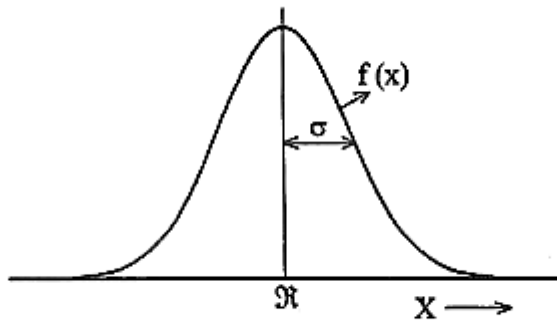
حيث ان σ و R ثابتين يحددان شكل الدالة ومن مميزات هذه الدالة

- 1- متماثلة حول النقطة R .
- 2- تقع ذروتها عند النقطة R
- 3- تؤول الدالة الى الصفر كلما كانت قيمة $(x - R)$ كبيرة بالمقارنة بقيمة σ

ويمكن اثبات بان σ في الدالة $f(x)$ معادلة (19) في الحقيقة تمثل الخطأ المعياري للدالة

اما العامل

$(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma})$ هو لجعل الدالة تحقق العلاقة (1) اي ان :



شكل (3)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = 1$$

حيث وضعنا $R = 0$ استخدمنا الملحق (ص333) لإيجاد قيمة التكامل. يمكننا إيجاد الخطأ المعياري لدالة جاوس بإجراء التكامل على المعادلة (19) التكامل الثالث في الملحق (ص379) ووضع $R = 0$ والذي لن يغير في الموضوع شيئاً وبذلك يكون لدينا :

$$\text{مربع الخطأ المعياري} = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 f(x) dx \text{ أو}$$

$$\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = \text{مربع الخطأ المعياري}$$

$$\therefore \sigma^2 = \text{مربع الخطأ المعياري}$$

$$\sigma = \text{اي ان الخطأ المعياري}$$

وهناك متغير اخر يستخدم عادة لتمييز اتساع التوزيع في دالة جاوس يعرف بالانحراف المتوسط mean deviations أو الخطأ في المتوسط mean error ويعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$\rho = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} x e^{-x^2/2\sigma^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma$$

أو

$$\frac{\rho}{\sigma} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1.253 \dots \dots \dots (20)$$

أما الخطأ المعياري في المتوسط σ_m لدالة جاوس $f(x)$ يمكن إيجاده باستخدام معادلة بيتر Peter's formula

التي على الصيغة الآتية :

$$\sigma_m = \frac{5}{4} \frac{r}{(N-1)^{1/2}} \dots \dots \dots (21)$$

حيث r متوسط القيم المتبقية الموجبة positive residuals يعبر عنه بعلاقة :

$$r = \frac{1}{N} \sum |d_i| \dots \dots \dots (22)$$

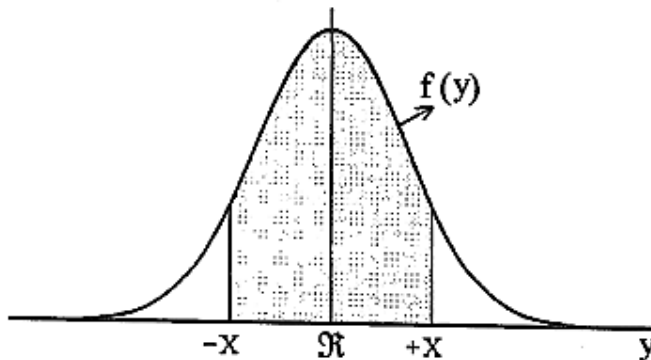
وأخيراً إذا كان حدود التكامل لدالة التوزيع محدوداً أي من $-x$ الى $+x$ نستخدم دالة التكامل integral function) $\phi(x)$ حيث إن :

$$\phi(x) = \int_{-x}^{+x} f(y) dy \dots \dots \dots (23)$$

تمثل هذه الدالة المساحة المظللة في الشكل (4) مقسومة على المساحة الكلية تحت المنحني.

بالنسبة لدالة جاوس ذي الخطأ المعياري تكون الدالة بالصيغة الآتية : راجع جدول (5)

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \int_{-x}^{+x} e^{-y^2/2\sigma^2} dy \dots \dots \dots (24)$$



شكل (4)

وإذا أخذنا متغير آخر مثل t بحيث $t = y/\sigma$ ووضعنا $z = x/\sigma$ عندئذ تكون المعادلة (24) بالصيغة الآتية :

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \sigma \int_{-z}^{+z} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$= \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt \dots (25)$$

وهذه دالة قياسية وقيمة تكاملها مسجلة في الملحق ، جدول (4) ص 333 .

5. الأخطاء في الدوال التي تتكون من عدد من المتغيرات

Errors in functions of several variables

إذا كانت الكمية z تعتمد على المتغيرات الأولية المقاسة مثل x و y فإن الخطأ المعياري في قياس كل من المتغيرات x و y و z و Δx و Δy و Δz وجه على التوالي. يمكن حساب الخطأ النهائي في المتغير z من العلاقات الموضحة في الجدول (2)

العلاقة بين (z و y و x)	العلاقة بين الأخطاء
$Z = k * x$	$\Delta z = k \Delta x$
$Z = x + y$	$\Delta z = \Delta x + \Delta y$
$Z = x - y$	$\Delta z = \Delta x - \Delta y$
$Z = x y$	$\Delta z = x \Delta y + y \Delta x$
$Z = \frac{x}{y}$	$\Delta z = \frac{x \Delta y + y \Delta x}{y^2}$
$Z = x^2$	$\Delta z = 2x \Delta x$
$Z = x^3$	$\Delta z = 3 x^2 \Delta x$
$Z = \sin kx$	$\Delta z = k \Delta x \cos kx$
$Z = \cos kx$	$\Delta z = k \Delta x \sin kx$
$Z = \sqrt{kx}$	$\Delta z = \frac{k \Delta x}{2\sqrt{kx}}$

جدول (2)

$k * =$ ثابت

6. الرسوم البيانية Graphs

تعد الرسوم البيانية من الوسائل المفيدة في الفيزياء العملية ومن هذه الفوائد:

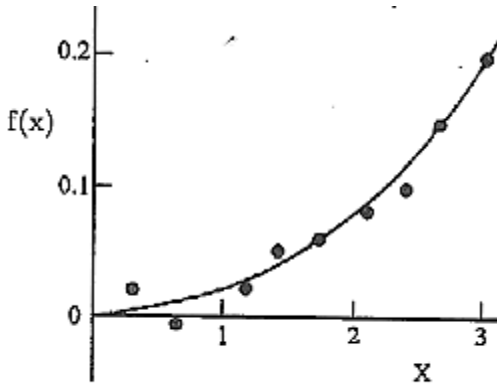
1. تعيين ثابت فيزيائي مثل تعيين ثابتاً كوشي A و B من ميل وتقاطع الخط المستقيم كما في التجربة التعريف اللوني. يستخدم عادة طريقة أصغر مجموع المربعات (Least squares method) والتي سنشرحها لاحقاً لإيجاد ميل وتقاطع الخط المستقيم مع أحد المحورين.

2. تعتبر الرسوم البيانية نموذجاً مرئياً للنتائج التجريبية، فمثلاً رسم العلاقة بين $\tan \theta$ في دراسة ظاهرة التخلف المغناطيسي للحديد يوضح النقاط التي تستخدم لحساب الاحتفاظية والقوة القهرية. عموماً يعتبر عرض النتائج بيانياً مهماً في إظهار ما يجري في التجربة .

3. أما الفائدة الثالثة للرسوم البيانية هي عرض العلاقة بين متغيرين أو أكثر [أنظر إلى دراسة خصائص الخلية الضوئية في التجربة رقم (65).

4. هناك عرف متبع بالنسبة لجميع الرسوم البيانية يكون المتغير المستقل على المحور السيني والمتغير التابع على المحور الصادي. وتختلف التقسيمات لورق الرسم البياني الذي يستخدم لأجله مثل التقسيم (خطي - خطي) وهو النوع شائع الاستخدام لمعظم تجارب الفيزياء والتقسيم شبه لوغاريتمي

(Semi- log) ، (ملحق (1))



شكل (5)

والتقسيم اللوغاريتمي (log - log) وبما أن الغرض الأساسي من الرسم البياني هو عرض النتائج بالرسم يجب أن يكون هذا الرسم واضح جداً ويجب توضيح النقاط التجريبية بعلامات

واضحة وليس بنقط صغيرة. وبعد ذلك يرسم منحنى متواصل خلال هذه النقط كما موضح في شكل (5)

7. طريقة اصغر مربعات Least squares Method

تقاس المتغير $y = f(x)$ بدلالة المتغير المستقل x , $y = mx + c$

(أ) عند تسجيل زوج قياسات (x_1, y_1) ، (x_2, y_2)
اذا اخذنا اي زوج من القيم (x فان الانحراف بالقياس :

$$y_i - mx_i - c \dots \dots \dots (26)$$

(ب) ولنفرض ان مجموع المربعات للانحرافات هو S ويساوي :

$$S = \sum (y_i - mx_i - c)^2 \dots \dots \dots (27)$$

وحساب أفضل قيم لكل من m و c يتطلب مجموع المربعات للانحرافات أصغر ما يمكن (من هنا جاء اسم هذه الطريقة) ويتم ذلك بجعل التفاضلات الجزئية ل و بالنسبة الى كل من m و c مساوية إلى الصفر أي أن :

$$\frac{ds}{dm} = \sum -2x_i(y_i - mx_i - c) = 0 \dots \dots \dots (28)$$

$$\frac{ds}{dc} = \sum -2(y_i - mx_i - c) = 0 \dots \dots \dots (29)$$

$$m \sum_{i=1}^N x_i^2 + c \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N x_i y_i \dots \dots \dots (30)$$

$$m \sum_{i=1}^N x_i + cN = \sum_{i=1}^N y_i \dots \dots \dots (31)$$

تبين المعادلة الاخيرة أن أحسن خط يمر بالنقطة التي إحداثياتها:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum y_i$$

وبحل المعادلتين (28) و (29) آنياً نحصل على قيم m و c بالشكل الآتي

$$m = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2} \dots \dots \dots (32)$$

و

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N x_i - \sum_{i=1}^N x_i y_i \sum_{i=1}^N x_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2} \dots \dots \dots (32)$$

حيث

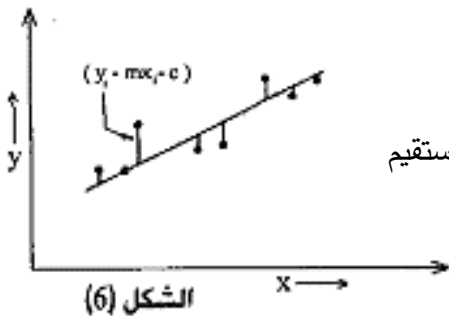
$$A = N \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2$$

فإن كل المقادير

$$\sum_i x_i^2 \text{ و } \sum_{i=1}^N x_i y_i \text{ و } \sum_{i=1}^N x_i \text{ و } \sum_{i=1}^N y_i$$

يمكن حسابهم بسهولة من القياسات وبإدخال هذه المقادير

في



المعادلتين (32) و (33) نحصل على قيم m و c وبعد ادخال

قيمة m و c في المعادلة ($y = mx + c$) نحصل على خط مستقيم

يتوافق بشكل جيد مع القياسات كما موضح في الشكل (6).

8. أمثلة محلولة:

مثال (1)

في تجربة قياس مقاومة كهربية سجلت القياسات الآتية :

7	6	5	4	3	2	1	ا
451.5	454.9	451.9	455.1	453.8	450.2	453.2	$x_i(\Omega)$

أوجد المتوسط الحسابي $\bar{x}$ ومتوسط القيم المتبقية الموجبة r والخطأ المعياري في المتوسط σ_m القيمة النهائية للمقاومة.

الحل :

المتوسط الحسابي :

$$A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$= \frac{1}{7} (453.2 + 450.2 + 453.8 + 455.1 + 451.9 + 454.9 + 452.5)$$

الآن نحسب القيم المتبقية

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

$$r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_i| = 1.329 \Omega \quad \text{و}$$

$$\sigma_m = \frac{5}{4} \frac{r}{\sqrt{N-1}} = 0.679 \Omega \quad \text{و}$$

بالتالي فإن :

$$X = \bar{X} \pm 0.68 \Omega$$

تضع الخطأ في رقمين فقط.

مثال (2)

يوضح الجدول الآتي قياسات تجربة ما x_i , y_i أوجد أفضل توافق لخط مستقيم يمر خلال هذه القياسات

$y_i x_i$	x_i^2	y_i	x_i
15.6	1.0	15.6	1.0
35.0	4.0	17.5	2.0
109.8	9.0	36.6	3.0
175.2	16.0	43.6	4.0
21.0	25.0	58.2	5.0
369.6	36.0	61.6	6.0
449.4	49.0	64.2	7.0
563.2	64.0	70.4	8.0
889.2	81.0	98.8	9.0
$\sum x_i y_i = 2889$	$\sum x_i^2 = 285$	$\sum y_i = 466.7$	$\sum x_i = 45$

نحسب المقادير $\sum x_i$ و $\sum y_i$ و $\sum x_i y_i$ و $\sum x_i^2$ ونعوضهم في المعادلتين (32)

و (33) فينتج لنا التالي: $m = 9.4$ و $C = 4.8$

وعليه فإن أفضل خط مستقيم يتوافق مع هذه القياسات هو :

$$y = 9.4 x + 4.8$$

مثال (3):

تبعاً للنظرية فإن القدرة المبذولة في سلك ساخن مقاومته R تعطى بالعلاقة الآتية :

$$P = kR^n$$

حيث k, n ثابتان. أرسم بيانياً القياسات المدرجة أدناه ثم احسب . قيمة كل من k, n

P(watt)	R(Ω)
4.41	0.91
8.11	1.11
12.59	1.27
17.7	1.41
28.88	1.51

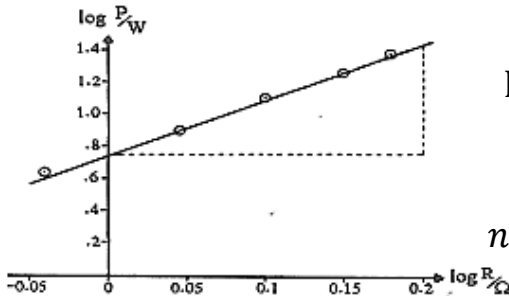
الحل :

لدينا العلاقة النظرية: $P = kR^n$

نأخذ لوغاريتم الطرفين لنحصل على: $\log_{10} P = \log_{10} k + n \log_{10} R$

برسم العلاقة بين $\log P$ على المحور الصادي و $\log R$ على المحور السيني على ورقة بيانية خطية نحصل على خط مستقيم كما موضح في الشكل (7) تقاطع خط المستقيم مع

المحور الصادي $\log k$



$$\log P = 0.75$$

$$k = 5.6$$

$$n = \frac{0.66}{0.2} \approx 3 \quad \text{وميل المستقيم } n = \text{أي أن:}$$

شكل (7)

ملاحظة: يمكن رسم القياسات مباشرة على ورقة بيانية (log -log)

للحصول على نفس النتيجة .

مثال (4):

حاول غطاس قياس سرعة الصوت تحت الماء من قياس المسافة والزمن وجد أن الصوت

يقطع مسافة قدرها 3241 m في الفترة الزمنية 0.002 ± 0.00227 . كم يكون الخطأ المحتمل في قياس سرعة الصوت؟

الحل

لدينا العلاقة :

$$v = \frac{x}{t} = 1427 \text{ m}$$

وبالاستفادة من الجدول (2) نجد :

$$\Delta v = \frac{x\Delta t + t\Delta x}{t^2}$$

وبتعويض الأرقام :

$$\Delta v = \frac{(324)(0.002) + (0.227)(1)}{(0.227)^2}$$

وبالتالي:

$$v = 1427.00 \pm 16.96 \text{ m/}$$

الوحدة الأولى

تجارب في الميكانيك

وخواص المادة

تجربة رقم (1)

تعيين كثافة سائل باستخدام انبوبة اختبار مثقلة

Determination of the density using a loaded → test-tube

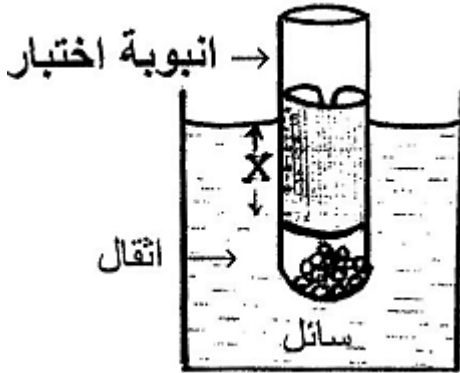
الأجهزة المستخدمة:

انبوبة اختبار واسعة بحيث يمكن إسقاط ثقل 5 غم فيها ، ورقة خطوط بيانية ذات تقسيم ملمتري انتقال من فئة 1 غم 2 غم 5 غم، قليل من كرات الرصاص السائل المطلوب تعيين كثافته (الماء او النفط) كأس زجاجي عميق

النظرية:

إذا طفت انبوبة اختبار منتظمة المقطع نصف قطرها الخارجي : بصورة شاقوليه في سائل ،

فان اضافة ثقل مقداره m غم بداخلها يسبب زيادة في طول جزئها الغاطس بمقدار d .



يكون مقدار النقل المضاف حسب قاعدة ارخميدس مساويا الى وزن السائل الذي سبب ازاحته . فاذا كانت متمثل كثافة السائل فيمكن تطبيق المعادلة التالية :

$$mg = \pi r^2 d \rho g$$

أي:

$$\rho = \frac{m}{d} \cdot \frac{1}{\pi r^2}$$

$$\text{Or: } - \rho = \frac{4}{\pi D^2} \times \frac{1}{\text{slope}} \left(r = \frac{D}{2} \right) \dots \dots (1)$$

فالرسم البياني شكل (1) بين قيم m و d يكون خطا مستقيما يمكن استخدام ميله لحساب قيمة ρ اذا علمت D حيث $D = \text{قطر الأنبوب بالسـم}$ ، $r -$ نق الأنبوب بالسـم ، $d -$ مقدار الغطس بالسـم.

العمل :-

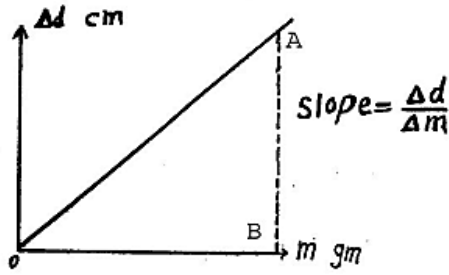
(1) خذ قطعة كافية من الورقة البيانية لتحيط بجدار الأنبوبة من الداخل ضع عليها علامات جاعلا منها مسطرة سنتمترية مناسبة. نقل الأنبوبة بكرات من الرصاص لكي تطفو بصورة شاقوليه في السائل وإشارة الصفر للمقياس مغمورة تحت سطحه لاحظ الشكل ثبت المقياس الورقي داخل الأنبوب بورق مصمغ ، ثم سجل العمق الصفري للتدريج عن سطح السائل وليكن x_0 .

(2) اضع نقل غرام واحد داخل الأنبوب وسجل العمق الجديد x لصفر المقياس عن سطح السائل .

كرر الخطوة 2- بزيادة الانتقال بصورة تدريجية بداخل الأنبوب مسجلا العمق في كل مرة ، رتب نتائجك في جدول كالمبين ادناه :

$$X_0 = ()_{\text{cm}} \text{ at } m = 0 \text{ gm}$$

الثقل المضاف (gm)	قراءة التدريج (cm)	طول الجزء المغمور $d = x_i - x_0 \text{ cm}$
m_1	X_1	d_1
m_2	X_2	d_2



الشكل (1)

قس قطر الانبوب الخارجي مستخدما القدمة ومن عدة مواضع، ثم جد المعدل . ارسم تخطيطا بيانيا لقيم m ضد قيم إلى المناظرة ، استخدم ميل هذا البياني لحساب كثافة السائل، قارن هذه النتيجة بالقيم المدرجة في الجداول.

ايضاحات حول التجربة:

غالبا ما تتساق انبوبة الاختبار نحو طرف الاناء الذي يحتوي السائل بتأثير الشد السطحي مما يسبب صحوة في قراءة x ، ولمنع حدوث مثل هذا الانسياق يوضع غطاء ورقي للأناء في وسط فتحة يمر من خلالها الانبوب.

تجربة رقم (2) توازن القوى Static equilibrium

الغرض من التجربة :-

ايجاد محصلة قوتين بطريقة متوازي الأضلاع وطريقة مثلث القوى .

الأدوات المستخدمة :-

لوحة خشبية حاملان كباستان بكرتان - أنقال خيوط - ورقة رسم- دبابيس - مرآة مستوية

النظرية:

إذا اثرت مجموعة من القوى على جسم يمكن اختزالها الى قوة واحدة تسمى المحصلة بعد حصول شرط الاتزان وتوجد عدة طرق للحصول على محصلة القوى وسنتناول هنا قاعدة متوازي الاضلاع وقاعدة مثلث القوى.

إذا كانت لدينا قوتان (A,B) تؤثران على جسم معين وتصنعان زاوية معينة (θ) بينهما يمكننا ايجاد محصلة القوتين (R) نظريا باستخدام قاعدة متوازي الأضلاع وحسب المعادلة الآتية :-

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} \dots \dots \dots (1)$$

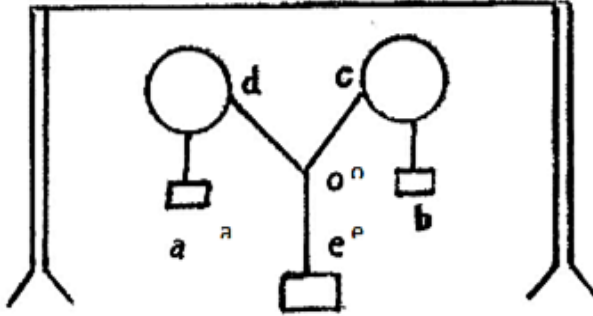
ولكن عند استخدام قاعدة مثلث القوى يمكننا استخدام قاعدة لامي (إذا اتزن جسم تحت تأثير ثلاث قوى فأن مقادير القوى تتناسب مع جيوب الزوايا المقابلة لها) والتي تتمثل في المعادلة الآتية :-

$$\frac{\vec{A}}{\sin \theta_1} = \frac{\vec{B}}{\sin \theta_2} = \frac{\vec{R}}{\sin \theta_3} \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان:

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ هي الزوايا المقابلة للقوى $\vec{A}, \vec{B}, \vec{R}$ حسب الترتيب .

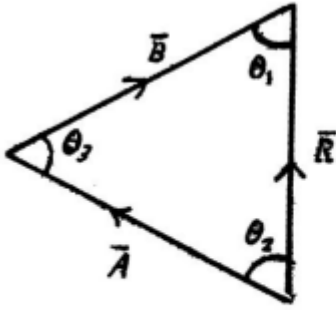
اما عمليا فيمكن استخدام طريقة متوازي الأضلاع وطريقة مثلث القوى بواسطة التمثيل بالرسم وقياس المحصلة بالمسطرة.



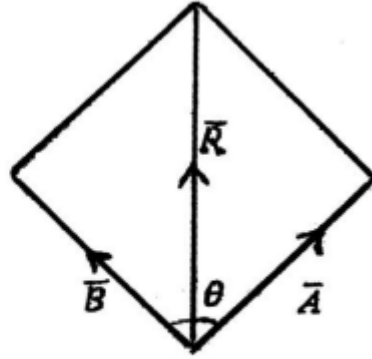
شكل رقم (1)

طريقة العمل:-

1. ثبت اللوحة في وضع رأسي كما موضح في الشكل (1) وثبت عليها ورقة رسم بواسطة دبابيس .
2. علق اثنال ذات كتل مختلفة في الموضعين a.b بحيث تحصل على حالة التوازن وذلك المعادلة النقل الموجود في الموضع (e) .
3. ضع المرأة خلف الخيوط oe, od, oc وعين نقطتان لكل خيط بالقلم الرصاص .
4. ارفع الورقة من اللوحة وأوصل بين النقاط التي عينتها ومن ثم مثل بالرسم (كل 10 جرام يعادل 1 سم مثلاً). ويعد تكملة شكل متوازي الأضلاع كما في الشكل رقم (2) قس بالمسطرة طول المحصلة (R) ثم قارنها بالقيمة النظرية التي ستحصل عليها من المعادل رقم (1) .
5. ارسم القوتين $\vec{A}, \vec{B}$ استخدام طريقة مثلث القوى كما هو مبين بالشكل رقم (3) وقس المحصلة R بالمسطرة. ثم قارنها بالقيمة النظرية التي ستحصل عليها من المعادلة (2) بعد قياسها بالزوايا $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ بالمنقلة .



شكل رقم (3)



شكل رقم (2)

الأسئلة:

1. ما هو سبب الخطأ الحاصل في عملية قياس المحصلة ؟
2. في تجربة تم تعليق اثنان ذات كتل مختلفة . هل الكتلة كمية متجهة ؟ وكيف تم رسم قيم الكتلة على شكل متجهات. وضح ذلك.
3. ما الفرق بين الكميات المتجهة والكميات العددية القياسية (اعط امثلة لكل نوع ؟

تجربة رقم (3) البندول البسيط Simple pendulum

الغرض من التجربة :-

تعيين الجاذبية الأرضية باستخدام البندول البسيط .

الأدوات المستخدمة :-

كرة من الحديد أو النحاس ، خيط ، ساعة توقيت ، قدمة ذات ورنية ، حامل ، مسطرة
مترية

النظرية:

عند ازاحة الكرة من مكان سكونها فإنها تتذبذب ذهاباً وإياباً حول هذا الموضع كما هو
موضح بالشكل (1) وهذه نتيجة لمركبة وزنها في اتجاه القوس (A D) ويمكن كتابة القوة
المسببة لهذه

الحركة ك الآتي :-

$$F = -mg \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

الاشارة السالبة تبين ان القوة متجهة نحو مكانها الأصلي أي عكس الازاحة (x) وعندما

تكون الزاوية (θ) صغيرة فإن (sin θ ≅ θ) أي ان المعادلة (1) ستكون f =

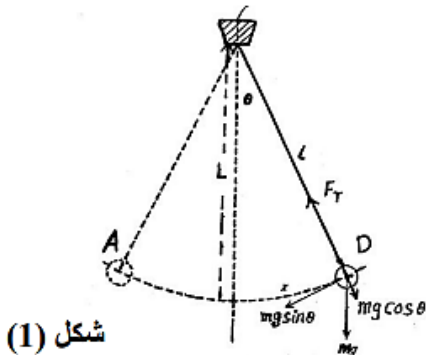
$$-mg \theta$$

حيث ان القوة الكتلة × التسارع

W - وزن الكرة (داين)

L- طول الخيط (سم)

m - كتلة الكرة (غم)



شكل (1)

لذا فإن :

$$ma = -mg \theta \dots \dots \dots (2)$$

وإذا كانت ازاحة الكرة على طول القوس هي :-

$$\theta = \frac{x}{L} \dots \dots \dots (3)$$

وبتعويض المعادلة (3) في المعادلة (2) نحصل على ما يأتي : (معادلة الحركة التوافقية البسيطة)

$$\ddot{X} + \frac{g}{L} \cdot x = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\omega^2 = \frac{g}{L} \dots \dots \dots (5)$$

حيث ان

ω : السرعة الزاوية

x : الازاحة

$\ddot{x} = \alpha$: العجلة (التسارع)

نلاحظ من المعادلة (4) أن التسارع α يتناسب طرديا مع الازاحة x وتكون حركة الكرة

حركة توافقية بسيطة وأن الزمن الدوري يمكن تمثيله بالمعادلة الآتية :-

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

طريقة العمل :-

1. قس قطر كرة البندول بالقدمة ذات الورنية.
2. خذ خيطا طوله حوالي (120 cm) تقريبا واربط بأحد طرفيه كرة البندول وعلق الطرف الآخر بماسك حامل مناسب .
3. ضع الحامل على طاولة بحيث تتدلى كثرة البندول فوق الطاولة وضع علامة على الطاولة لمعرفة مكان الكرة الاصلي .
4. قس طول الخيط من نقطة (c) إلى النقطة السفلى لخطاف الكرة بواسطة مسطرة واضف اليها نصف قطر الكرة فيكون الناتج هو طول البندول (L)
5. ازح كرة البندول جانبا من مكانها الأصلي ازاحة صغيرة واتركها تتذبذب مع ملاحظة الا تلامس الكرة حافة الطاولة .
6. قس الزمن اللازم لعشرين (20) ذبذبة كاملة وكرر العمل عدة مرات وخذ المعدل .
7. غير طول البندول وكرر العمل .
8. رتب نتائجك كما في الجدول
9. ارسم الشكل البياني بين T^2 على المحور الصادي و L على المحور السيني والموضح في الشكل (2)

النتائج والحسابات :-

بالاستناد الى معادلة (6) و الاستفادة من شكل (2) اثبت ان : $g = 4\pi^2/\text{slope}$

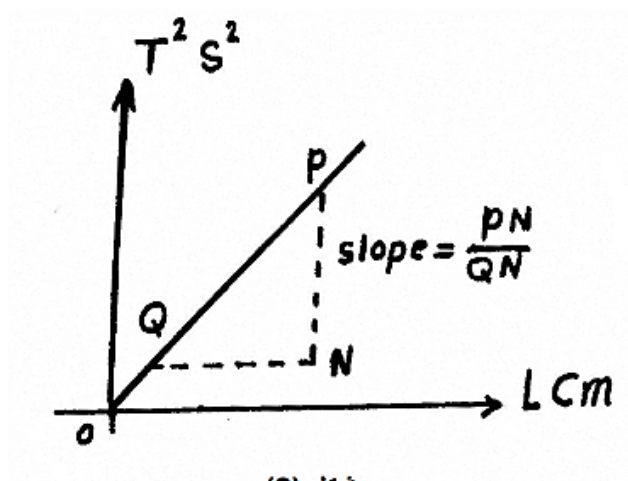
الأسئلة:

1. عرف الزمن الدوري (1) للحركة التوافقية البسيطة.
2. ما هي الاسباب الناتجة عن نسبة الخطأ في التجربة ؟
3. ما هي صفات الخيط المستخدم في هذه التجربة ؟

L	$T_{(10)}$	$T_{(10)}$	$\bar{T}_{(10)}$	$\bar{T}_{(1)}$	$(\bar{T}_2)^2$
cm	s	s	s	s	s ²
75					
70					
65					

$T_{(10)}$ = زمن عشر ذبذبات

$$\text{المعدل الزمني لعشر ذبذبات} \quad \frac{T_{(10)1} + T_{(10)2}}{2} = \bar{T}_{(10)}$$



شكل (2)

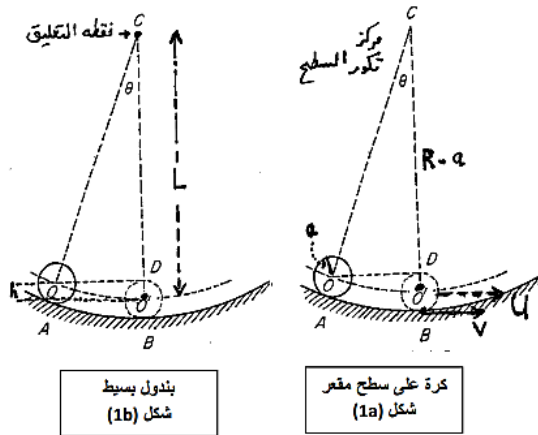
تجربة رقم (4)

الحركة التوافقية البسيطة وتعيين قيمة (g) بتدحرج كرة على سطح مقعر

Determination of (g) by means of a sphere rolling on a can cave surface

النظرية:

ان حركة كرة قطرها (a) على سطح مقعر نصف قطره (R) مشابهة لحركة كرة بندول بسيط طولها $R=a$ عدا ان الكرة تدور إثناء انتقالها على السطح المقعر لذا وجب عند دراسة حركتها حساب الحركة الدورانية لها بالإضافة الى حركتها الانتقالية فالطاقة الحركية التي يمتلكها الجسم في كلا الحالتين في أي نقطة من المسار تساوي الفقدان في الطاقة الكامنة نتيجة سقوط الجسم من نهاية مساره الى تلك النقطة ، ففي حالة البندول البسيط وفي الموضع (0)



بندول بسيط
شكل (1b)

كرة على سطح مقعر
شكل (1a)

$$\frac{1}{2} m V^2 = m g h$$

$$V^2 = 2 g h \dots \dots (1)$$

وفي حالة الكرة المتحركة على السطح المقعر (W سرعتها الزاوية في الموضع B)

$$m g h = \frac{1}{2} m u^2 + \frac{1}{2} I w^2 \dots \dots \dots (2)$$

وبما ان:

a - نق الكرة المتحركة

حيث u = السرعة الخطية لمركز الكرة .

w = السرعة الزاوية

$$\therefore u = w a$$

و I عزم القصور الذاتي للكرة حول محور يمر بمركز ثقلها $\left[\frac{1}{2} m V^2 \right]$

فبالتعويض في المعادلة (2) ينتج :-

$$mgh = \frac{1}{2} m u^2 + \frac{1}{5} m u^2$$

$$u^2 = \frac{5}{7} \cdot 2g h \dots \dots \dots (3)$$

فبملاحظة المعادلتين 1 و 3 نستنتج بانه اذا رسمت كرة البندول والكرة المتحركة على

سطح مقعر نفس المسار فإن سرعة الكرة تكون دائما اقل من سرعة كرة البندول في نفس

الموضع ، والعلاقة بينهما :

$$u^2 = \frac{5}{7} v^2$$

فلإكمال ذبذبة واحدة تستغرق $\sqrt{\frac{5}{7}}$ الكرة الزمن الذي تستغرقه كرة البندول .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g}} \quad \text{وبما أن مدة الذبذبة للبندول البسيط}$$

$$L = R - \alpha \quad \text{وفي هذه الحالة يكون طول البندول}$$

إذا تكون مدةذبذبة الكرة المتحركة على السطح المقعر :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{7(R-a)}{5g}}}$$

ومنها نستطيع حساب قيمة (g)

وحدة النظام الدولي للتعجيل هي (متر / ثانية 2)

العمل :

- 1- عين نصف القطر تكور السطح المقعر (R) باستخدام السفيرومتر وكذلك نصف قطر الكرة (a) باستعمال المايكرومتر ، او القدمة ، نظف السطح والكرة جيدا.
- 2- في زمن 10 ذبذبات واكثر بواسطة ساعة التوقيت ، (لاحظ تذبذب الكرة في مستوى واحد) ، احسب زمن الذبذبة الواحدة . كرر التوقيت ثلاث مرات واحسب متوسط مدة الذبذبة (T)
- 3- احسب قيمة g من المعادلة (4).
- 4- كرر خطوات العمل مستخدما كرات مختلفة الحجم وعين قيمة مع في كل حالة ثم جد متوسط g .

ملاحظة: اذا اعطيت لك قيمة g ، فان هذه التجربة يمكن استخدامها كسفيرومتر دايناميكي

(dynamical spherometer) لقياس نصف قطر تكور سطح مقعر .

الأجهزة المستخدمة :

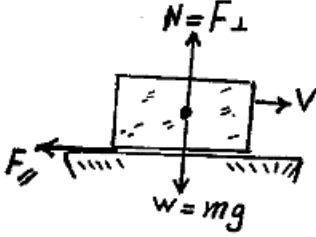
سفيرومتر ، سطح مقعر ، زجاجة مستوية ساعة توقيت ، مايكرومتر ، قدمة ، كرات مختلفة الحجم .

الاسئلة:-

ما علاقة نصف قطر الكرة بمدة الذبذبة لسطح مقعر معين ؟ ناقش نتائجك .

تجربة (5)

الاحتكاك الساكن (static) Coefficient of friction



شكل (1)

الغرض من التجربة :-

ايجاد معامل الاحتكاك الساكن:

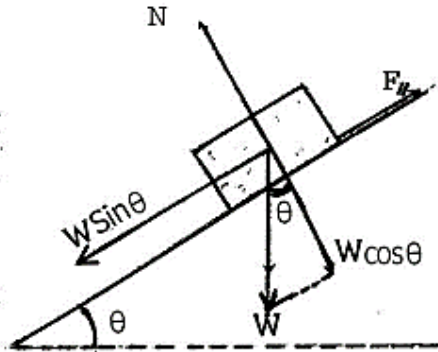
أ. باستخدام سطح مستو.

ب. باستخدام سطح مائل.

الادوات المستخدمة :-

جسم على شكل متوازي مستطيلات من الخشب، كلفة ، منضدة خشبية في نهايتها بكرة ، خيط

النظرية:



شكل (2)

قوة الاحتكاك عبارة عن قوة تؤثر مماسيا على جسم وزنه (w) يمانع اي حركة لسطحه بالنسبة لأي سطح آخر .

وتكون هذه القوة المماسية موازية دائما للأسطح المتلامسة كما هو موضح بالشكل (1) . وسنرمز لقوة الاحتكاك هذه والتي تقاوم بداية الانزلاق بالرمز F_s حيث (s) يرمز إلى كلمة ستاتيكي أو ساكن لان الجسم ساكن عند لحظة بداية الانزلاق .

واذا بدأ الجسم بالانزلاق فإن قوة اصغر كثير من F_s ستكفي لاستمراره في الحركة وان قوة الاحتكاك التي تقاوم حركة جسم متحرك اقل من F_s وسترمز لهذه القوة بالرمز F_k ويرمز الدليل السفلي k الى كلمة حركي.

معامل الاحتكاك (μ) يربط قوة الاحتكاك (F) بالقوة العمودية (N) التي يدفع بها السطح الحامل للجسم المنزلق عليه والذي يمكن تمثيله بالصيغة الآتية :-

$$F_s = \mu N \dots \dots \dots (1)$$

من المعادلة (1) نلاحظ ان قوة الاحتكاك (F_s) تتناسب طرديا مع القوة العمودية N ففي بداية الانزلاق فإن الاحتكاك يسمى معامل الاحتكاك الساكن ويرمز له : (μ_s)

$$F_s = \mu_s N \dots \dots \dots (2)$$

وعند بدء الجسم بالانزلاق فان معامل الاحتكاك يسمى معامل الاحتكاك الحركي ويرمز له (μ_k)

$$F_k = \mu_k N \dots \dots \dots (3)$$

وعندما ينزلق لجسم على سطح مائل والموضح في شكل رقم (2) فان معامل الاحتكاك سيكون:

$$\mu = \frac{F}{N} = \tan \theta \dots \dots \dots (4)$$

أ. باستخدام سطح افقي :

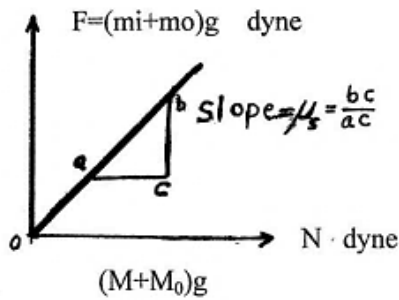
طريقة العمل :-

وتتلخص فيما يلي :

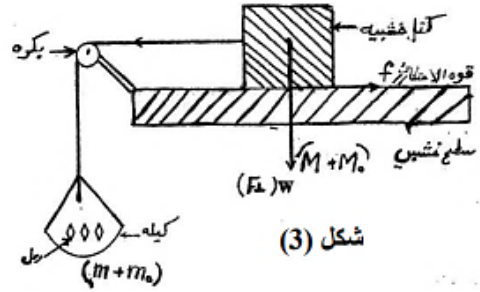
1. ضع الجسم على منضدة في نهايتها بكثرة ويتصل بالجسم خيط يمر فوق البكرة وفي نهايته كفة بها ثقل كما موضح في الشكل (3)

كتلة الكفة + كتلة المنزلق	مجموع	اثقال مضافة	كتلة المنزلق
$M_i + m_o$	$M_0 + m_i$	M_i	M_0
gm	gm	Gm	Gm
21	67	-	67
28	B4	67	67

(جدول (1)) كل قراءة تكرر مرتين



شكل (4)



شكل (3)

ب. استخدام سطح مائل :

2. ضع اثقالا في الكفة تدريجيا حتى يبتدئ الجسم في الحركة وكرر ذلك ثلاث مرات عين مقدارها ثم احسب المعدل.

3. اضع ثقلا ذا كتلة 100g على الجسم المنزلق ثم ضع اثقالا في الكفة حتى يبدأ الجسم في الحركة ثم عين مقدارها .

4. كرر العمل بإضافة افعال على الجسم المنزلق ذو كتل (200g, 300g.....) لحد خمس أو ست قراءات

5. رتب نتائجك كما في الجدول (1)

6. ارسم العلاقة البيانية بين (F) على محور الصادات و (N) على محور السينات تحصل على خط مستقيم ميله هو معامل الاحتكاك كما موضح في الشكل (4) .

طريقة العمل :-

وتتلخص فيما يلي :

1. ضع الجسم المنزلق على السطح المائل بحيث يمكن تغيير زاوية ميله عن الأفق

2. غير زاوية الميل θ حتى يبدأ الجسم في التحرك الى اسفل السطح المائل .

3. كرر التجربة ثلاث مرات وعين زاوية الميل θ في كل حالة ثم احسب المعدل.

4. رتب نتائجك كما في الجدول (2)

5. عين معامل الاحتكاك من المعادلة (4)

وزن الجسم mg	الزاوية (θ)				$\mu_s = \tan \theta$
	1	2	3	المعدل	

جدول (2)

الاسئلة:-

1. احسب نسبة الخطاء المئوي لـ وقارن في الجداول.
2. ما قيمة قوة الاحتكاك عندما يكون الجسم ساكن.
3. على ماذا يعتمد معامل الاحتكاك . .

سؤال / هل يمكن تطبيق المعادلة التالية : $\mu_s = \tan \theta - \frac{v^2}{2gs} \times \frac{1}{\cos \theta}$

لإيجاد معامل الاحتكاك الانزلاقي μ_k على سطح مائل، $\theta = 20^\circ$, $S = 50 \text{ cm}$

تجربة رقم (6)

البندول المركب - compound pendulum

الغاية من التجربة :-

1. دراسة خواص هذا البندول .
2. حساب قيمة التعجيل الارضي.

الجهـاز

يتألف من بندول وكتلة اسطوانية الشكل وحافة سكين قوية، اما البندول فيتألف من ساق فولاذية طولها حوالي المتر عليها ثقب متتالية تمثل نقاط التعليق للبندول على حافة السكين، اما النقل فقد يثبت في وسط الساق.

النظرية :

ان البندول البسيط الذي طوله كبير اذا ما قورن بأبعاد كرتة، وكتلة خيطه مهملة بالنسبة لكتلة كرتة، وازاحته صغيرة فان مدة ذبذبه تعطى بالعلاقة :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \dots \dots \dots (2)$$

وهذه العلاقة تعطينا طريقة بسيطة لتعيين قيمة g . ولكن عندما تكون كتلة البندول موزعة على ابعاد غير مهملة بالمقارنة ببعد مركز الثقل من نقطة التعليق فيدعى البندول بالبندول المركب . ان اي جسم يمكن استخدامه كبندول مركب بتعليقه من احد نقاطه وجعله يتذبذب حول محور ما فاذا طلقنا الجسم من نقطة S مثلا ثم أزيح عن وضع الاستقرار فان وزنه يعمل باتجاه نحو الاسفل مارا بمركز ثقله ومؤثرا بعزم مرجع على الجسم مكسبا اياه تعجيلا زاويا مقداره (α) فالعزم المرجع (τ) حول نقطة التعليق (S) حينما يزاح الجسم بزاوية مقدارها (θ) يكون :

$$T = mg . h \sin \theta$$

حيث ان (h) هي المسافة من نقطة التعليق حتى مركز الثقل ، بالاستعانة بقانون نيوتن الثاني في الحركة :

$$T = I \propto$$

T : العزم المرجع I : عزم القصور الذاتي

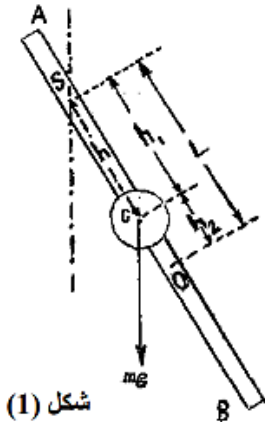
إذن :

$$I \propto -mgh \sin \theta$$

الاشارة السالبة تدل على ان العزم باتجاه معاكس للإزاحة. فإذا كانت θ صغيرة ينتج أن :

$-\alpha$ التعجيل الزاوي

$$\alpha = -\frac{m g h \theta}{I}$$



شكل (1)

اذن حركة الجسم حركة توافقية بسيطة مدة ذبذبتها

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \dots \dots \dots (2)$$

اما I فيمثل عزم القصور الذاتي حول محور مار بنقطة التعليق والذي يمكن التعبير عنه بدلالة عزم القصور الذاتي حول محور مواز للمحور الأول ومار بمركز النقل (I_0) ، اي ان :

$$I = I_0 + mh^2 \dots \dots \dots (3)$$

ولكن

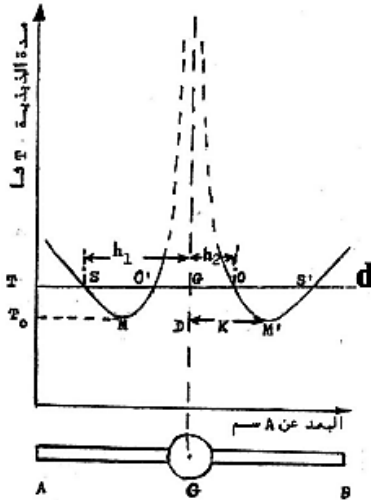
$$I_0 = mK^2 \dots \dots (4)$$

حيث ان K هو نصف قطر الدوران _ فبالتعويض في المعادلة رقم (2) ينتج ان :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + h^2}{gh}} \dots \dots \dots (5)$$

(ماذا تستنتج من هذه المعادلة - هل لمدة الذبذبة علاقة

بكتلة البندول ام بكيفية توزيع هذه الكتلة)



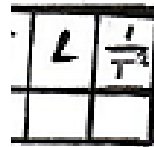
وبمقارنة هذه المعادلة بمعادلة البندول البسيط يتضح لنا

بان طول البندول البسيط الذي يتذبذب بنفس مدة ذبذبة البندول المركب يكون طوله:

$$L = \frac{k^2 + h^2}{h}$$

وهذا يدعى بطول البندول البسيط

المكافئ



بندول (b)

شكل (2)

d : المسافات من A الى الثقوب المختلفه شكل 1
L : المسافه SO من شكل (2)

بعد تربيع المعادلة (5) يمكن ترتيبها على الشكل

الآتي:

$$h^2 - \frac{T^2}{4\pi^2} h + k^2 = 0$$

فلهذه المعادلة جذران و : وهذا يعني بانه يمكن تعليق البندول من نقطتين تبعدان عن مركز

النقل ببعدين مختلفين فيكون لهما نفس مدة الذبذبة كالنقطتين 0 و S شكل (2) وهذان

الجذران (OG, SG) يرتبطان ببعضهما بالعلاقين :

$$h_1 + h_2 = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = L$$

$$h_1 h_2 = k^2 \dots \dots \dots (6)$$

k نق الدوران للبندول

من البياني الذي يمثل علاقة مدة الذبذبة ببعد نقطة

التعليق عن احد جهتي المسطرة نلاحظ ان :

$$h_1 + h_2 = so = s' o$$

في النهاية الصغرى لمدة الذبذبة : $h_1 = h_2$

فمن المعادلة (6) ينتج : $h_2 = k = h_1$

فاذا كانت T_0 تمثل النهاية الصغرى لمدة الذبذبة ينتج

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} L \dots \dots \dots (8) \quad \text{ان : بعد الحصول على النتائج يمكن بيان ان}$$

العمل:

1. علق البندول على حافة السكين ومن اقرب نقطة من احد حافتي الساق - ازح الساق بزاوية صغيرة وتأكد من انه يتذبذب في مستوى شاقولي . بالاستعانة بساعة توقيت سجل مدة 30 ذبذبة كاملة - اعد التوقيت ثم احسب معدل مدة الذبذبة الواحدة .
2. اعد الخطوة الأولى لعدة ثقب من الساق بقدر ما يسمح لك الوقت) ثم احسب مدة الذبذبة لكل منها .
3. ارفع البندول من مكان تعليقه ثم قس المسافة من نقاط التعليق الواردة في الخطوة (2) الى جهة واحدة من الساق - سجل هذه الاطوال مقابل مدة الذبذبة المناظرة لها .
4. زن البندول وسجل كتلته m . اعمل جدول (la) لاستخراج قيمة (g) استنادا الى معادلة (8) .

الحسابات :-

1. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه قيم مدة الذبذبة الاحداثي الرأسي وبعد نقاط التعليق عن احد جهتي الساق المناظرة الاحداثي الافقي .
2. ارسم خطا مستقيم "SOGO'S" يوازي المحور الافقي ويقطع البياني في النقاط $s, o, \acute{s}, \acute{o}$ سجل مدة ذبذبة هذه النقاط T ثم قس المسافة $so, \acute{s}o$ جد معدلها فانه يمثل L طبق المعادلة (1) لحساب قيمة g
3. جد نصف قطر الدوران من البياني بأخذ متوسط القراءتين $MD, \acute{M}D$ استعن بقيمة m لحساب عزم القصور الذاتي حول مركز الثقل - احسب عزم القصور الذاتي حول بالاستعانة بالمعادلتين (3)، (4).
4. جد النهاية الصغرى لمدة الذبذبة T واحسب قيمة K من المعادلة (7) معتبرا قيم $g = 980 \text{ سم/ث}^2$

قارن هذه النتيجة بنتيجة الخطوة السابقة .

الاجهزة المستعملة.

البندول المركب (أو أي مسطرة مترية عليها ثقوب متسلسلة) . حافة سكين قوية (أو دبوس في حالة مسطرة) . ساعة توقيت ، مقياس متري ، ميزان .

أسئلة:

- 1- ايهما يعطي نتيجة مختبرية افضل لقيمة التعجيل الارضي ، البندول البسيط ام المركب ولماذا ؟
- 2- هل من الضروري تعيين مركز ثقل البندول عند حساب قيمة التعجيل الارضي ؟
- 3- كيف يمكنك تعيين مركز الثقل لبندول مركب ؟

تجربة رقم (7A)

الناض الحزوني - SPIRAL SPRING

الغرض من التجربة (Aim of the experiment): ايجاد ثابت القوة (ثابت

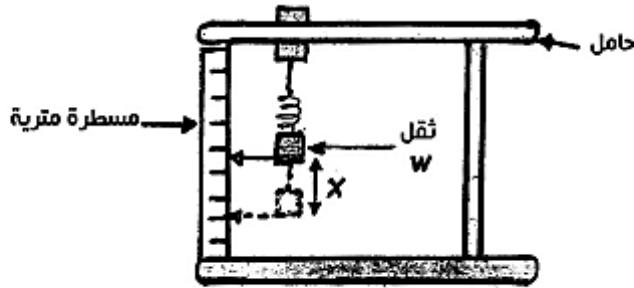
الناض) ستاتيكيًا:-

(Apparatus): الاجهزة المستخدمة

سلك حلزوني ، حامل ، حمالة انقال ، انقال مختلفة ، مسطرة مترية .

نظرية التجربة :-

اذا علقت كتلة وزنها W في سلك زنبركي فانه سيحدث فيه استطالة مقدارها X كما موضح في الشكل (1) . ويعتمد مقدار الاستطالة على وزن الكتلة وعلى نوع السلك . وسيشد السلك بقوة مضادة للقوة المؤثرة الناتجة عن وزن الكتلة ومساوية لها تسمى بقوة الاستعادة ويرمز لها بالرمز F وهي قوة تحاول ارجاع السلك الى موضعه الطبيعي ، وتتناسب هذه القوة طرديا مع الاستطالة ، ويسمى ثابت التناسب بثابت القوة ويرمز له بالرمز K .



شكل رقم (1)

تتناسب الاستطالة طرديا مع مقدار القوة المؤثرة على السلك ، وهو ما يعرف بقانون هوك ، والقوة المؤثرة في هذه الحالة هي وزن الانقال والتي تساوي قوة الاستعادة (F) أي أن :

$$F = K(X - X_0) \dots \dots \dots (1)$$

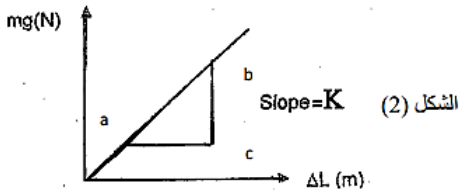
$$Mg = k(x - x_0) \dots \dots \dots (1)$$

طريقة العمل:-

1. علق السلك في الحامل، علق حمالة الانتقال اسفل السلك ، لاحظ موضع اسفل الحمالة وسجله على انه x_0
2. ضع ثقلا كتلته (100g) على حمالة الانتقال ولاحظ موضع اسفل الحمالة وسجله على انه x_1
(لاحظ ان كتلة الحمالة لا تضاف الى مقدار الكتل الموضوعة عليه).
3. اضع في كل مرة كتله (100g) من على الحمالة ولاحظ القراءة x_1 حتى تحصل على (7) قراءات على الأقل
4. انقص الانتقال تدريجيا ، وفي كل مرة ارفع (100g) كم على الحمالة ولاحظ القراءة x_2 وهي قراءة نقصان الانتقال ، حتى يرجع السلك الى موضعه الأول x_0 بعد ازالة جميع الانتقال. وكما بالجدول التالي:

الوزن mg (N)	الاستطالة		متوسط الاستطالة $(\Delta l_{ave} = 0.5(\Delta l_1 - \Delta l_2)(m))$
	عند زيادة الانتقال $\Delta l_1 = (x_1 - x_2)$	عند نقصان الانتقال $\Delta l_1 = (x_2 - x_0)$	

الحسابات :calculations



1. ارسم منحنياً بيانياً بين قيم

mg على المحور العمودي وقيم

ΔL (على المحور الافقي)

2. اوجد قيمة x من الرسم

حيث :

$$k = \text{slope} = \frac{bc}{ac} \text{ (N/M)}$$

الاسئلة

1. ارسم الرسم البياني الخاص بالتجربة موضحا عليه قيم المحاور ووحداتها . ووضح

قيمة الميل ووحداته ان وجدت .

2. على ماذا يعتمد مقدار الاستطالة في تجربة النابض الحلزوني ؟

3. عرف قانون هوك وكيف اثبت قانون هوك في تجربة النابض الحلزوني ؟ وضح ذلك؟

تجربة رقم (7 B) النايى الحزونى (SPIRAL SPRING)

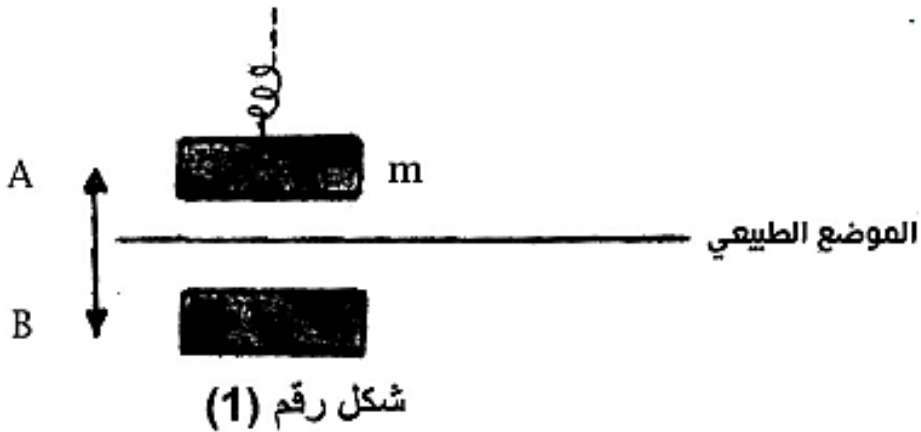
الغرض من التجربة: (Aim of the experiment): ايجاد ثابت القوة (ثابت النايى) ديناميكياً .

الاجهزة المستخدمة (Apparatus):

نايى حزونى ، حامل ، ائقال ، ساعة توقيت ، شريط قياس .

نظرية التجربة :-

اذا علقى كئلة وزنها (w) فى سلك زئبرى فانها سيحدث فيه استئالة مقدارها (x) كما موضح فى الشكل (1) ويعتمد ذلك على وزن الكئلة . وعلى نوعية السلك . واذا ازحنا الكئلة مسافة قصيرة فان الكئلة ستتحرك حركة توافقية بسيطة (simple harmonic motion (shm)) حول الموضع الطئيعى ، وبذبذبة يعتمد زئنها (T) على الكئلة (m) وعلى ثابت السلك (k) وزئن الذبذبة [انظر الى الشكل (1)] هو الزئن الذى تستغرقه الكئلة فى قطع المسافة من النقطـة (A) مارة بالموضع الطئيعى الى النقطـة (B) ثم مرة اخرى بالموضع الطئيعى فالنقطـة (A)



عند إزاحة الكتلة (m) عمودياً عن موضعها الطبيعي بمقدار (x) فإن قوة الاستعادة ومقدراها (kx) تحاول رد الكتلة الى مكانها الأول وينتج عن ذلك حركة توافقية بسيطة. وتتحرك الكتلة بتعجيل مقداره (a) أو d^2x/dt^2

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \dots \dots \dots (1)$$

أو

$$(d^2x/dt^2) + (k/m)x = 0 \dots \dots \dots (2)$$

وهذه معادلة .جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة زمن ذبذبتها (T) وتعطى (T) بالعلاقة
الآتية

(في حالة اهمال كتلة النابض)

$$T = 2\pi\sqrt{M/K} \dots \dots \dots (3)(a)$$

M - كتلة الاثقال

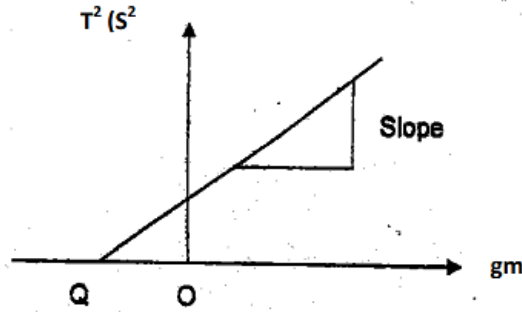
وعند ادخال كتلة النابض الفعال m^*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M/m^*}{k}} \dots \dots \dots (3)(b)$$

أو

$$M = T^2 \left(\frac{K}{2\pi^2} \right) - m^* \dots \dots \dots (4)$$

وعندما نرسم العلاقة (4) بيانياً كما موضح في الشكل (2) فأنا سنحصل على خط مستقيم، يكون ميله مساوياً $(4\pi^2/k)$ حيث يمكننا حساب مقدار ثابت القوة (k). لاحظ ان خط المستقيم لا يمر بنقطة الأصل (0) بل يقطع المحور الأفقي عند النقطة (Q) حيث يمثل (0Q) الكتلة الفعالة (Effective mass) للسلك .



شكل رقم (2)

طريقة العمل :-

1. علق السلك في الحامل .
2. اوجد كتلة حامل الانتقال .
3. علق حامل الانتقال في اسفل السلك . واضف ثقلا اخر كتلته (50 g) وسجل الكتلة الكلية . أي كتلة الحامل مضاف اليها كتلة الثقل.
4. ازح الثقل عموديا مسافة (2 cm) تقريبا واتركه يتذبذب ، واوجد زمن 20 ذبذبة (t_1) كرر هذه الخطوة مرة أخرى وأوجد (t_2) .
5. اضف في كل مرة (100 g) على الحامل . وفي كل مرة اوجد (t_1) و (t_1) حتى تحصل على (7) قراءات على الأقل .
6. دون قراءاتك كما في الجدول التالي :-

الكتلة الكلية (كتلة الثقل + كتلة الحامل) (kg)	زمن (20) ذبذبة		متوسط زمن ذبذبة (20) $T_{ave} (s)$	زمن الذبذبة الواحدة $T_{ave} (s)$	$T^2_{ave}(s)^2$
	$T_1 (s)$	$T_2 (s)$			

الحسابات :

من الرسم البياني نجد ان :

$$\text{Slope} = (4\pi^2/k)$$

$$K = (\pi^2/\text{Slope})(N/M)$$

تجربة رقم (7C)

استخدام النابض الحزوني لتعيين قيمة التعجيل الارضي (g)

Gravity acceleration

الاجهزة المستخدمة :-

نابض حزنوني اثنال، مع حامل للأثقال ، مسطرة قياس نصف متر ، ساعة توقيت، حامل صلب مع ماسك.

النظرية:

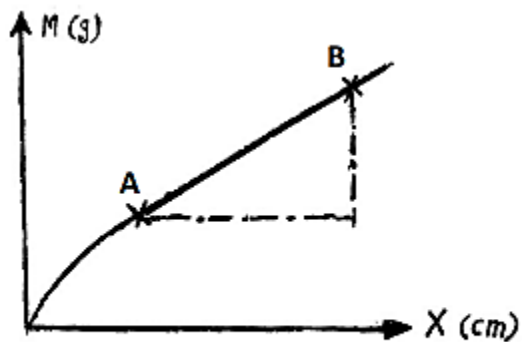
تخضع استطالة النابض الناتجة عن تحميله بثقل معين لقانون هوك ضمن حدود المرونة .
اي اذا كان الثقل المعلق $Mg =$ والاستطالة الناتجة x كان:

$$Mg = KX$$

ثابت القوة النابض ستاتيكا ، (شكل (1))

$$M = \frac{k}{g} \cdot X \dots \dots \dots (1) \quad \text{حيث ميله:}$$

1. ان التخطيط البياني بين قيم M و X يكون خطا مستقيماً ميله $\frac{k}{g}$



الشكل (1)

يكون خطا مستقيماً ميله $k/g =$

2. والان اذا علقت الكتلة M بالنابض نفسه ثم ازيح مسافة شاقوليه x وترك ليهتز كانت حركته توافقية بسيطة ، تعطى مدة ذبذبتها بالعلاقة

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M/m^*}{k}}$$

حيث ان (m^*) هي الكتلة المكافئة للنابض ويمكن كتابة هذه المعادلة على الوجه التالي
[انظر الشكل (2)]

و

$$M = \frac{k}{4\pi^2}$$

فلو مثلت قيم m و T^2 بيانيا الناتج سيكون . خطا مستقيما ميله يساوي :-

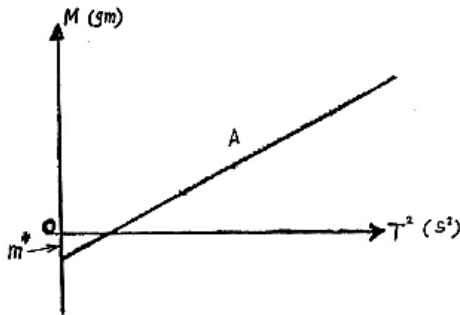
$$S_2 = \frac{k}{4\pi^2} \dots \dots \dots (2)$$

فمن ميل الخط البياني الأول والثاني يمكن حساب قيمة (g) حيث :-

S_1 هو الميل ستاتيكي

S_2 هو الميل ديناميكي

$$g = 4\pi^2 \frac{S_1}{S_2}$$



شكل رقم (2)

العمل :

التجربة الخاصة بالسكون (statical Experiment)

1. اتبع خطوات العمل الواردة في تجربة ايجاد x ستاتيكا لتعيين ثابت القوة للنايخ يُحصل على الجدول المبين فيما يلي.
2. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه كتل الانتقال المعلقة (M) ك محورا للصادات وقيم الاستطالة المناظرة (x) كمحور للسينات شكل (1) .
3. جد ميل الخط البياني.

الاستطالة (x cm)	معدل قراءة المؤشر	قراءة المؤشر		كتلة الثقل المعلق (M gm)
		عند زيادة الثقل	عند نقصان الثقل	القراءة الصفرية

التجربة الخاصة بالحركة (Dynamical Experiment)

1. مستخدما نفس النايخ اعلاه، اتبع خطوات العمل الواردة في تجربة ايجاد k ديناميكا استعمل الجدول التالي :-

T^2 S^2	زمن الذبذبة حدة T_s	معدل T	زمن 30 ذبذبة	كتلة الثقل الكلي المعلق M gm
		T_2	T_1	

2. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه كتل الانتقال المتذبذبة (M) محورا للصادات وقيم T^2 المناظرة محورا للسينات . جد ميل الخط البياني .

من انحداري الخطين البيانيين الأول والثاني عين قيمة (g) معادلة رقم (3)

إيضاحات حول التجربة :-

1. لاحظ الايضاحات الواردة في تجربة ايجاد ثابت (k) ستاتيكا وديناميكيا.
2. ان هذه التجربة تمثل جمع التجريبتين السابقتين باستخدام نابض واحد . لذا يوص القيام بها كتجربة منفصلة بحد ذاتها . اذ من المحتمل في اية حالة ان تجرى التجريبتان السابقتان على نابضين مختلفين

أسئلة:

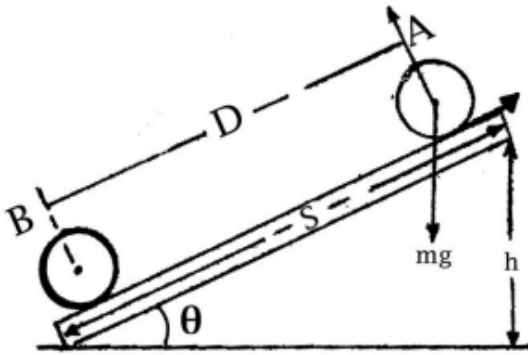
1. يمكنك حساب قيمة ع برسم تخطيط بياني واحد بين قيم (x) وقيم (T^2) بين كيفية تطبيق هذه الفكرة عمليا. هل من الضروري معرفة كتل الانتقال المستخدمة ؟
2. هل من الضروري قياس الطول الطبيعي للنابض؟

تجربة رقم (8)
تعيين نصف القطر الدوراني - radius of gyration
لجسم كروي بتدحرجه على سطح مائل

النظرية :-

إذا تحرك جسم كتلته (m) بصورة طليقة على سطح مائل قاطعا المسافة (D) بين نقطتين A, B في زمن مقداره (t) كان تعجيله الخطي $a = \frac{2D}{t^2}$ فإذا كان السطح يميل عن الأفق بزاوية مقدارها (θ) كانت الطاقة الكامنة التي يفقدها

$$mgD \sin \theta =$$



شكل رقم (1)

وإذا فرضنا ان سرعة الجسم الخطية عند B هي v سرعة الزاوية w فالطاقة التي يكتسبها

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Iw^2$$

حيث ان I هو عزم القصور الذاتي للجسم حول

محور دورانه.

إذا اهلنا الاحتكاك الدوراني ، كانت الطاقة الكامنة المفقودة = الطاقة الحركية المكتسبة أي

ان

$$mgD \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Iw^2$$

ولما كان الجسم المتدحرج كروي الشكل نصف قطره (r) اذن :-

$$V = wr$$

كذلك ان :

$$I = mk^2$$

حيث ان k هو نصف القطر الدوراني للكرة المتدحرجة

D المسافة A-B متر ، V السرعة الخطية متر/ ثا ، W السرعة الزاوية ⁻¹ ثا
I عزم القصور الذاتي كغم متر² ، r نصف قطر الجسم المتدحرج متر ، k نصف القطر
الدوراني متر

$$mg D \sin \theta = \frac{v^2}{2} m \left(1 + \frac{k^2}{r^2}\right)$$

ولما كانت

$$V^2 = 2 a D$$

a : تعجيل خطي

اذن :

$$g \sin \theta = a \left(1 + \frac{k^2}{r^2}\right)$$

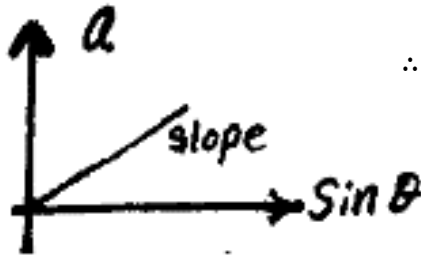
اي ان :

$$a = \frac{g}{1 + \frac{k^2}{r^2}} \sin \theta$$

وهذه تمثل معادلة خط مستقيم ميله $= \frac{g}{1 + \frac{k^2}{r^2}}$ ومنه يمكن حساب k

العمل:

1. رتب ميل السطح بزاوية صغيرة (حوالي 5 درجات) مع الافق لقياس جيب زاوية الميل ، قس ارتفاع السطح h وكذلك طوله s لاحظ الشكل (1)
2. اربط الساعة الكهربائية بالطريقة المعتادة لقياس زمن التدحرج بصورة تلقائية .
3. دع الكرة تتدحرج من السكون من نقطة في اعلى السطح - احسب المسافة التي يتحركها الجسم على السطح (المسافة D) وسجل الزمن اللازم لقطع هذه المسافة بواسطة الساعة الكهربائية - كرر التوقيت ثلاث مرات واحسب متوسط زمن الحركة .
4. زد ميل السطح قليلا ودع الكرة تقطع نفس المسافة - احسب متوسط زمن الحركة .
5. كرر الخطوة السابقة ست مرات وسجل النتائج في جدول كالمبين فيما يلي.



$$\therefore K = r \sqrt{\frac{g}{\text{slope}} - 1} \dots \dots \dots *$$

الحسابات :-

1. ارسم تخطيطا بيانيا لحركة الكرة ممثلا قيم التعجيل (a) على المحور الرأسى وقيم ($\sin \theta$) المناظرة على المحور الافقي - احسب ميل المستقيم الناتج ثم جد قيمة (k) معادلة (*)

2. جد قيم بتطبيق المعادلة الرياضية التالية لعزم القصور الذاتي للكرة حول محور مار بمركزها

$$I = \frac{2}{5} mr^2 \dots \dots \dots (2)$$

قارنها بالنتيجة المستحصلة من استخدام البياني . وفي حالة الاسطوانة بدل الكرة فأن

$$\frac{K}{r} = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

طول السطح المائل $s = m$			المسافة $D = m$			
التعجيل $a = \frac{2D}{t^2}$	متوسط الزمن T_s	الزمن اللازم لقطع المسافة			$\sin \theta = \frac{h}{s}$	الارتفاع $h \text{ m}$
		T_3	T_2	T_1		

الاحزمة المستخدمة :-

سطح مائل مع ملف وقاعدة ، كرة حديدية ، ساعة كهربائية ، مفتاح عاكس ، مقوم للتيار الكهربائي (ريكتيفاير) ، قدمة ، مايكرومتر ، مقياس متري .

اسئلة :-

1. هل تعتمد السرعة الخطية لمركز كتلة الكرة المتدحرجة على كتلتها، و نق ، لماذا؟
2. اذا فرضنا ان للاحتكاك تأثير لا يمكن اهماله ، جد المعادلة الرياضية التي تتضمن هذا المقدار ، ناقش البياني الذي حصلت عليه من نتائج التجربة هل ان لإهمال الاحتكاك تأثير كبير على النتائج ؟
3. هل يمكن استخدام المعادلة (2) لحساب عزم القصور الذاتي لعجلة محورية (wheel axle &) ماذا تمثل (r) عندئذ ؟
4. نظرياً ما هو عزم القصور الذاتي للأسطوانة المتدحرجة على سطح مائل، ما اهمية I الفيزياوية.

تجربة (9) عزم القصور الذاتي لساق باستخدام بندول بفلر (Moment of inertia of a Bar using Bufler Pendulum)

الغرض من التجربة : - دراسة بندول بفلر ثم ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب يدور حول محور مار في منتصف .

الاجهزة المستخدمة :

بندول بفلر (رباط بفلر) يتكون في ابط اشكاله من ساق منتظمة على شكل متوازي مستطيلات أو اسطوانة طولها حوالي نصف متر معلقة بخيطين متساويين في الطول بصورة شاقوليه ، مسطرة مترية ، ساعة توقيت ، ماسكان ، حاملان ، ميزان تسوية .

نظرية التجربة :-

ان البندول بفلر في الواقع ليس الا بندول بسيط يتذبذب دورانيا بدلا من ان يتحرك خطيا ولذا فانه من الضروري ان تكون له زاوية الازاحة صغيرة جدا ، والذبذبة تعمل في هذه الحالة نتيجة للتبادل بين الطاقة الكامنة والطاقة الدورانية.

فعند ازاحة البندول بزاوية صغيرة (θ) في مستوى افقي عن موضع استقراره فانه سيتذبذب دورانيا حول محور شاقولي كما وان كل من الخيطين سينحرفان عن الوضع الشاقولي بزاوية صغيرة ايضا ($\emptyset$) وبما ان الزاويتين (θ) و ($\emptyset$) صغيرتان (الشكل (1) فان :-

$$\ell \emptyset = \frac{1}{2} L \theta \dots \dots \dots (1)$$

OR

$$\emptyset = \frac{1}{2} \frac{L}{\ell} \theta \dots \dots \dots (2)$$

حيث (L) يمثل طول جزء الساق (وهو المسافة بين نقطتي التعليق) و (ℓ) يمثل طول الخيط تؤثر في كل من النقطتين (c) و (D) قوة مرجعة تحاول ان تعيد الساق الى موضع استقراره . وان هذه القوة هي في الواقع مركبة الشد الافقي في كل من الخيطين في الموضعين

(C) و (D) تحلل قوة الشد F_r في الخيط الى مركبتين افقية و شاقولية وتعطى المركبة الشاقولية (F_{TV}) بالمعادلة الاتية :-

$$F_{TV} = F_r \cos \phi = \frac{1}{2} mg \dots \dots \dots (3)$$

حيث توجد قوتان كل منهما F_{TV} في C , D ولما كانت الزاوية (ϕ) صغيرة جدا فان :-

$$F_{TV} = \frac{1}{2} mg \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان $\cos \phi \rightarrow 1$ عندما $\phi \rightarrow \text{Zero}$

حيث تمثل (m) كتلة الساق .

واما المركبة الافقية (F_{TH}) فتعطى بالعلاقة الاتية :

$$F_{TH} = F_T \sin \phi$$

$$F_{TH} = \frac{1}{2} mg \sin \phi \dots \dots \dots (5)$$

وتحت نفس الشرط المذكور اعلاه فان :

$$F_{TH} = \frac{1}{2} mg \phi \dots \dots \dots (6)$$

حيث $\sin \phi \rightarrow \phi$ عندما تكون ϕ صغيرة .

ومن المعادلتين (1) و (6) نجد ان :

$$F_{TH} = \frac{1}{2} mg \left(\frac{L\theta}{2\ell} \right) \dots \dots \dots (7)$$

أو

$$F_{TH} = \left(\frac{L mg \theta}{4\ell} \right) \dots \dots \dots (8)$$

وباعتبار العزم الكلي المرجع ($\mathcal{T}$) مساويا لحاصل ضرب القوة في البعد العمودي

$$\tau = f_{th} L \dots \dots \dots (9) \quad I \text{ هي عزم القصور الذاتي}$$

$$\tau = - \alpha I \dots \dots \dots (10) \quad \alpha: \text{التعجيل الزاوي}$$

$$\alpha = \frac{d^2 \theta}{dt^2} = \ddot{\theta} \dots \dots \dots (11)$$

$$\therefore I \ddot{\theta} = - \frac{mg L^2}{4\ell} \cdot \theta$$

$$\ddot{\theta} + \frac{mg L^2}{4\ell} \cdot \theta = 0 \dots \dots (12)$$

معادلة (12) تعني ان الحركة (SHM)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4I\ell}{MgL^2}} \dots \dots \dots (13)$$

يمكن استخراج قيمة I و g من المعادلة (13):

ℓ : طول الخيط

L : المسافة بين نقطتين التعليق

m : كتلة القضيب

T : زمن الذبذبة الواحدة

$$I = \frac{Mg}{16 \pi^2 \ell} (L^2 T^2)$$

طريقة العمل:

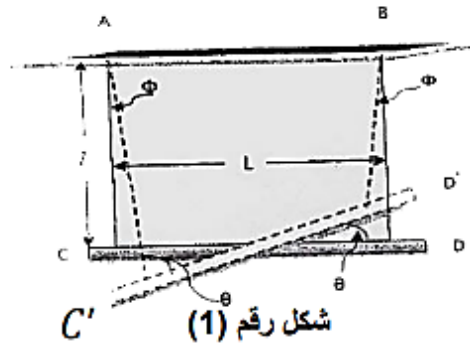
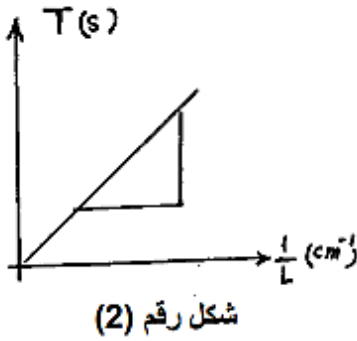
1. علق الساق بصورة افقية بين خيطين شاقولين ومتساويان في الطول تماما بحيث يكون مركز ثقل الساق في منتصف المسافة بين نقطتي التعليق. اجعل محل نقطة التعليق بعيدا قليلا عن نهاية الساق بحوالي سنتيمترين.
2. خذ قياس طول جزء الساق بين نقطتي التعليق بمقدار (L) وكذلك طول كل من الخيطين بمقدار (ℓ).
3. دع الساق يتذبذب حول محور شاقولي وفي مستوى افقي وذلك بازاحته بزاوية صغيرة ثم جد معدل زمن الذبذبة الواحدة (T) .
4. غير المسافة بين نقطتي التعليق في خطوات ، وفي كل خطوة سجل المسافة (طول جزء الساق) وزمن عدد معين من الذبذبات . ثم اوجد لكل حالة معدل زمن الذبذبة الواحدة (T)
5. اوجد كتلة الساق (m) .

الحسابات :- ارسم خطا بيانيا بين قيم (L/1) على محور الأفقي وقيم (T) المناظرة على المحور الشاقولي . فالرسم البياني يكون خطا مستقيما ميله يساوي :

$$\text{SLOPE} = (ab/bc) \dots \dots \dots (15)$$

$$\text{SLOPE} = 2 \pi \sqrt{4Il/mg} \dots \dots \dots (16)$$

$$I = \frac{mg}{16\pi^2 \ell} (\text{slope})^2 \dots \dots \dots (17)$$



الاسئلة :-

1. لماذا يجب ان تكون زاوية ازاحة البندول صغيرة جدا ؟
2. هل يؤثر تقليل المسافة بين نقطتي التعليق على مدة الذبذبة ؟
3. ارسم الرسم البياني الخاص بالتجربة موضحا عليه قيم المحاور ووحداتها وقيم الميل ووحداته.

4. قارن قيمة I المستخرجة مع قيمتها النظرية $I = \frac{1}{12} mL^2$

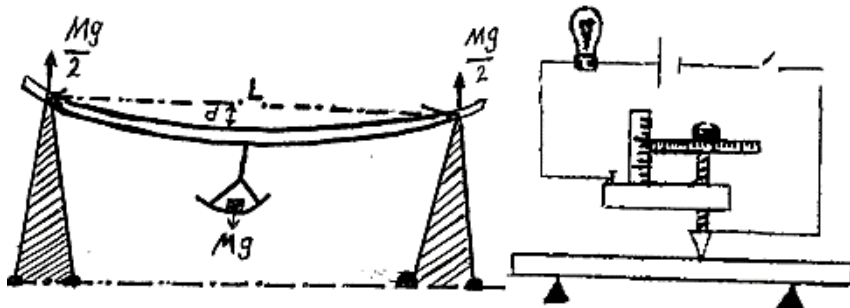
Radii of Gyration of Some Simple Bodies			
K^2	Axis	K^2	Axis
$\frac{R^2}{4}$	Cylinder	$\frac{L^2}{12}$	Thin rod
$\frac{R^2}{4} + \frac{L^2}{12}$		$\frac{R^2}{2}$	Disk
$\frac{a^2 + b^2}{12}$	Parallelepiped	$\frac{R^2}{4}$	Ring
$\frac{a^2 + b^2}{12}$	Rectangular plate	R^2	Sphere
$\frac{a^2 + b^2}{12}$		$\frac{2R^2}{5}$	

تجربة رقم (10) A انحناء العوارض - bending of beams الغاية من التجربة :-

- أ. تعيين معامل يونك لمادة العارضة.
- ب. دراسة علاقة الانحناء بطول العارضة .

الجهاز:

يتألف كما في الشكل (1) من عارضة معدنية منتظمة طولها حوالي المتر ، تحمل على حافتي سكين مثبتتين على قاعدة حديدية . اما الثقل فيوضع في كفة للأثقال تستند على العارضة ومن منتصفها بواسطة حافة سكين ايضاً. اما الانخفاض الحاصل في نقطة التعليق نتيجة تحميل العارضة فيقاس بواسطة مايكرومتر مزود بمصباح كهربائي لضبط القراءات.



شكل رقم (1)

النظرية :-

ان انحناء العوارض هو مثال لتطبيق قانون هوك. ويتضمن هذا مطاوعة طولية وقصية في أن واحد ولكن في الانحناءات الصغيرة يمكن اهمال تأثير القص اذا اخذنا عارضة عرضها (a) وارتفاعها (b) وطولها (المسافة بين نقطتي استنادها) (L) وحملت من منتصفها كما في شكل (2) بثقل مقداره (mg) فان السطح الاسفل سيزداد طوله نتيجة تحديه ام السطح الاعلى الذي يتقصر فسيقصر طوله .

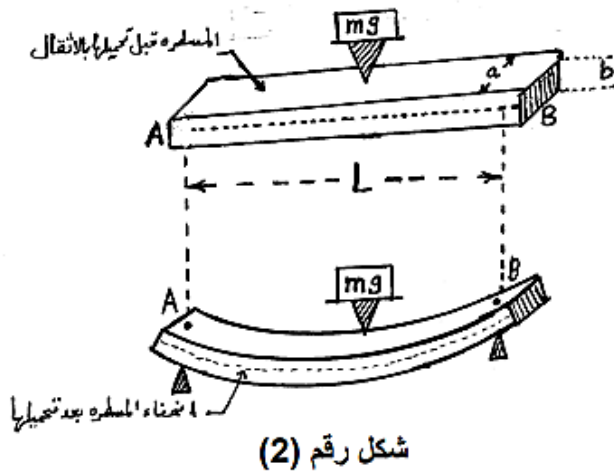
اما السطح الوسطي فلا يبدي اي مطاوعة لكون الاجهاد على هذا الجزء : صفر اما مقدار الانحناء فهو المسافة العمودية لكل نقطة عن وضعها في حالة استقرار العارضة من دون اجهاد . فاذا كان انحناء مركز الثقل (d) فيمكن البرهنة على ان : (الاشتقاق في اخير التجربة)

$$d = \frac{m g L^3}{4 a b^3 y} \dots \dots \dots (1)$$

$$\therefore y = \frac{L^3 g}{4 b^3 a} \left(\frac{m}{d} \right)$$

$$y = \frac{L^3 g}{4 b^3 a} (slope) \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان y هو معامل L المسافة AB b سمك مسطرة
يونك للمادة d مقدار الانخفاض a عرض المسطرة



فبملاحظة هذه المعادلة يتضح ان مقدار الانحناء يتناسب طرديا مع m الثقل المعلق ، L^3 مكعب الطول ويمكن ايجاد هذا التناسب ($n = 3$) عمليا بملاحظة تغير الانحناء الناتج عن ثقل معين عند تغير طول العارضة ، فبفرض ان : $d = cL^n$
حيث ان c كمية ثابتة ، يمكن ايجاد n كما ان التخطيط البياني بين قيمة d, m لطول معين من العارضة يمكن استخدامه لحساب معامل يونك y لمادة العارضة.

العمل:

أ. تعيين معامل يونك

اجعل المسافة بين حافتي السكين 90 سم واسند عليهما العارضة بحيث يبعد كل من طرفيهما بمسافة متساوية عن حافة السكين المجاورة له . احكم العارضة بوضع افقي باستخدام ميزان الفقاعة وتنظيم ارتفاع حافتي السكين.

1. علق كفة الانتقال من منتصف العارضة ، اربط الدائرة الكهربائية للمايكرومتر . سجل قراءته عند ملامسة لولبه بحافة السكين التي تحمل كفة الانتقال ويتم ذلك عند اشتعال المصباح المربوط في الدائرة . تأكد من صح هذه القراءة عدة مرات .

2. حمل كفة الانتقال بثقل 200غم - سجل قراءة المايكرومتر . ان مقدار الانحناء يساوي الفرق بين القراءتين . استمر بزيادة الثقل المعلق بمراحل متساوية 200غم سجل قراءة المايكرومتر في كل مرة الى ان تحصل على 6 قراءات .

3. ارفع من الانتقال بنفس المقادير بزيادتها . مسجلا قراءة المايكرومتر في كل حالة . لا تنسى ان تبعد لولب المايكرومتر في كل مرة لتتيح المجال للعارضة بالرجوع الى وضعها الطبيعي - سجل نتائجك في جدول كالمبين ادناه:

M الثقل المعلق	قراءة المايكرومتر			d الانحناء
	في حالة زيادة M	في حالة نقصان M	المتوسط	

4. سجل المسافة بين نقطتي استناد العارضة L وكذلك العرض a استخدم المايكرومتر لقياس سمك العارضة b ومن اماكن مختلفة - جد المتوسط .

5. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه قيم m محورا للصادات وقيم الانحناء المناظرة d محورا للسينات شكل(3). استخدمه لحساب y . وذلك بالاستناد الى المعادلة (2).

ب. دراسة علاقة الانحناء بطول العارضة .

1. رتب الجهاز كما في العمل (أ) مبتدأ بمسافة ($L = 40$ سم)
2. خذ القراءة الصفرية للمايكرومتر (كفة الاثقال غير محملة) - ثم علق ثقلا مقداره 1 كغم سجل قراءة المايكرومتر ثم ابعد لولبه وارفع الثقل مسجلا القراءة الصفرية للمايكرومتر مرة أخرى. استخدم متوسط القراءتين الصفريتين عند حساب d
3. كرر الخطوة (2) ست مرات مغيرا الطول L في كل مرة بمقدار 10 سم ومستخدم نفس الثقل - سجل النتائج في جدول كالمبين ادناه :

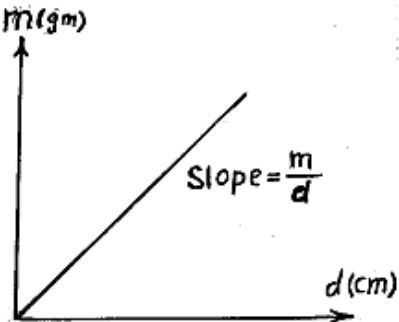
لو غارتم d	الانحناء d cm	قراءة المايكرومتر			L cm	لو غارتم L
		بعد رفع m	بعد تعليق m	قبل تعليق M		

4. ارسم تخطيطا بيانيا ممثلا قيم $\log d$ على محور y وقيم $\log$ المناظرة على محور ناقش البياني الناتج ثم جد مقدار n .

الاجهزة المستعملة :-

- الجهاز المبين في شكل (1) cenco ، اسلاك للربط الكهربائي ، مصباح كهربائي ، 4 او 6 فولت، ريكتيفاير، اثقال عديدة لـ 200 غم ، مايكرومتر ، قدمة ، مقياس متري

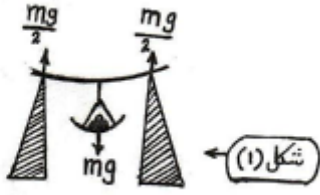
اسئلة :-



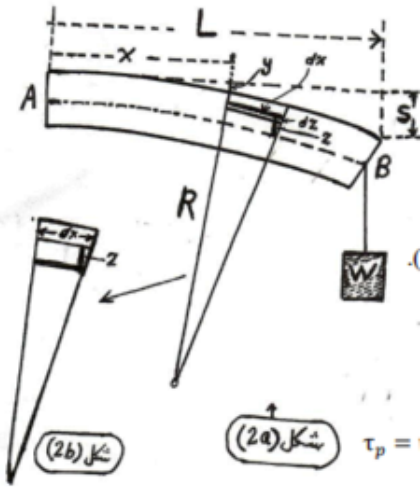
1. قارن عدديا بين الانحناءين لعارضة منتظمة مقطوعها 2×0.2 سم عندما تستند على كل من بعديها ويستخدم نفس الثقل في الحالتين .
2. اشرح طريقة العمل لدراسة علاقة الانحناء مع المقدار b (لاحظ المعادلة -1) كيف يختلف البياني في هذه الحالة عن بياني العمل ب ؟

شكل (3)

اشتقاق المعادلة (2)



- AB محور المسطرة الوسطي. (neutral)
- b عرض المسطرة width في نقطة P
- w وزن النقل mg
- τ عزم اللي او مجموع عزوم القوى (tension)
- γ معامل يونك.



- R نق الانحناء في نقطة P.
- δ استطالة في حل.
- z المسافة بين المحور AB والشريحة الخطية.

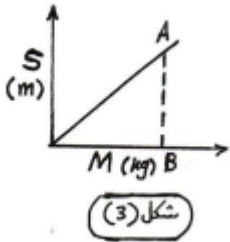
شكل (2)

- يمثل الجزء المعرض للالتواء (تشويه) بالحمل (w) المثبت بنقطة (B)
- لاحظ جزء مسطرة فوق AB فيه تمدد extension
- لاحظ جزء مسطرة تحت AB فيه الضغط compression

$$\frac{\text{strass}}{\text{strain}} \Rightarrow \text{stress} = \gamma \text{ strain}$$

$$\tau_p = w(L - x)$$

- ∴ (عزم اللي بنقطة P) (bending moment)
- بإهمال الوزن لجزء المسطرة فوق AB
- لتشابه $\Delta\Delta$ بالزوايا



$$\frac{\delta}{dx} = \frac{z}{n} \leftarrow \frac{\delta}{x} = \frac{dx}{n} \quad \delta \text{ استطالة في } (dx) \quad \frac{z}{R} \text{ مطاوعة}$$

$$\text{تطبيق القانون} = \gamma \Leftrightarrow \frac{\text{مطاوعة} = \gamma \text{ الاجهاد}}{\therefore \text{الاجهاد} = \gamma \frac{z}{R}}$$

$$\frac{\text{اجهاد}}{\text{مطاوعة}} \dots (3)$$

لاحظ بعدم وجود انقال جل $dx = dz$ صفر.

الآن قوة الشد (tension) المؤثرة على الشعيرة (filament) = الاجهاد $\times$ مساحة مقطعه (4)

$$(5) \dots \dots \dots \frac{\text{قوة الشد}}{\text{مساحة القطع}} = \text{باعتبار الاجهاد}$$

∴ قوة الشد المؤثرة على الشعيرة $\gamma \frac{z}{R} \times b dz \times \dots \dots (6)$ مساحة القطع $b dz$
 بعد تعويض معادلة (3) في معادلة (5).
 ولإيجاد مجموع العزوم لهذه القوى تكامل معادلة (6).

عزم قصور ذاتي I

$$\tau_t = \tau_{\text{total}} = \frac{r}{R} \int b z^2 dz = \dots \dots (7) \quad k = \frac{m}{k^2}$$

$$\therefore I = k \int b z^2 dz \dots (8)$$

$$\therefore \tau_t = \frac{\gamma I}{\pi} = \dots \dots \dots (9) \quad -(\tau_t) \text{ مجموع العزوم}$$

$$\therefore \tau_t = w(L - X) \quad \text{الآن معادلة (1)}$$

$$= \frac{1}{R} = \quad \text{باعتبار } \frac{dy}{dx} \text{ صغيرة}$$

$$\frac{d^2 y / dx^2}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} = \frac{d^2 y}{dx^2} \dots \dots \dots (10)$$

$$\tau_t = \frac{\gamma I}{R} w(L - X) = \gamma I \frac{d^2 y}{dx^2} \dots \dots (11)$$

∴ اذن ادخال قيمة $\frac{1}{R}$ معادلة (9)

تكامل معادلة (11) مرتين

$$\gamma l = \frac{dy}{dx} = wLx - w \frac{x^2}{2} \dots \dots (12)$$

باعتبار ثابت لأن $\frac{dy}{dx} = 0$ عند $x = 0$

$$\gamma l y = wL \frac{x^2}{2} - w \frac{x^3}{6} \dots \dots \dots (13)$$

باعتبار ثابت $0 = c_2$ لأن $y = 0$ عندما $x = 0$

بالرجوع إلى شكل (2) في نقطة B والتي فيها $\gamma l y =$

$$\frac{wL^3}{3} \dots \dots (14) \quad \Leftarrow y = s, x = L$$

بالرجوع إلى شكل (1) فإن Mg و $\frac{Mg}{2}$ تتوزع قسین علیہ علی کل رکیزة $\therefore \gamma =$

$$\frac{wL^3}{3IS} \dots (15)$$

عزم القصور الثاني المسطرة (مستطيلة) : معادلة 16

$$K^2 = \frac{r}{m} = \frac{md^2}{12}$$

$$\therefore \gamma = \frac{mgL^2}{48IS}$$

ومن الشكل (3)

$$\frac{M}{s} = \frac{OB}{AB}$$

$$\therefore \gamma = \frac{l^3 g}{4d^2} \text{ (Slope)}$$

تجربة رقم (10) B معامل يونك باستخدام اسلاك في نهايتها ائقال Determination of young's modulus for a wire

الغرض من التجربة :- ايجاد معامل يونك .

الاحزمة المستخدمة: حامل ، ماسك ، مسطرة افقية . مسطرة عمودية . كف ائقال . صندوق

ائقال . مايكرومتر .

نظرية التجربة:-

1. في حالة الاسلاك

$$Y = \frac{\text{الاجهاد الطولي}}{\text{المطاوعة الطولية}} = \frac{w/a}{\Delta L/L}$$

w: الوزن

a : مساحة مقطع السلك

2. يمكن بيان ان Y هنا تساوى في حدود المرونة

$$Y = \frac{mgl}{\pi r^2 \Delta L}$$

r : نق السلك

ΔL : التغير بالطول

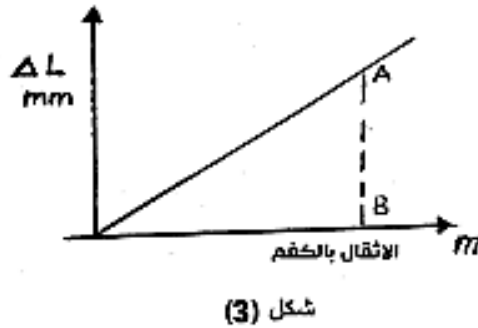
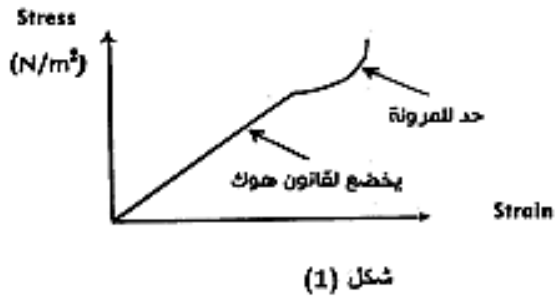
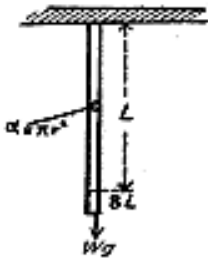
على الرغم من ان جميع المواد الصلبة يمكن ان تتأثر عند تسليط قوة خارجية عليها . ولكن استجابة ذراع مصنوع من المطاط تختلف كثيرا عن استجابة ذراع مصنوع من الحديد الصلب وبالطبع ان هذه الاستجابة تتأثر بسمك وطول الذراع وذلك ينعكس على مقدار ثابت القوة (Force constant). وفي حالة سحب سلك بقوة فانه يقاوم السحب. ولكنه يتمدد مسافة (x) تحت تأثير تلك القوة (f) واذا زالت القوة فسوف يرجع طوله الاصلي ويقال بان السلك مرن اي ان السلك له خاصية او قابلية لاستعادة وضعه الاصلي وتدعى هذه الخاصية بـ المرونة وتعرف بانها (قانون هوك) (Hooke's Law) والذي يمثل بمعادلة القوة التالية :

$$F = kx$$

حيث (k) هو مقدار ثابت القوة . حيث السلك يخضع لقانون هوك.

العمل والحسابات : انظر شكل (2) :-

1. نقيس مقطع السلك $a = \pi r^2$.
2. نضع اثنال متساوية $\frac{1}{2}$ كغم كل مرة ثم نقيس ΔL لكل مرة . (على ان لا يزيد الاثنال عن حدود المرونة)
3. نعمل رسم بياني بين ΔL والاثنال الموضوعة ، نجد الميل .
4. من الرسم البياني والميل نطبق التالي :



$$Y = \frac{1}{\pi r^2}$$

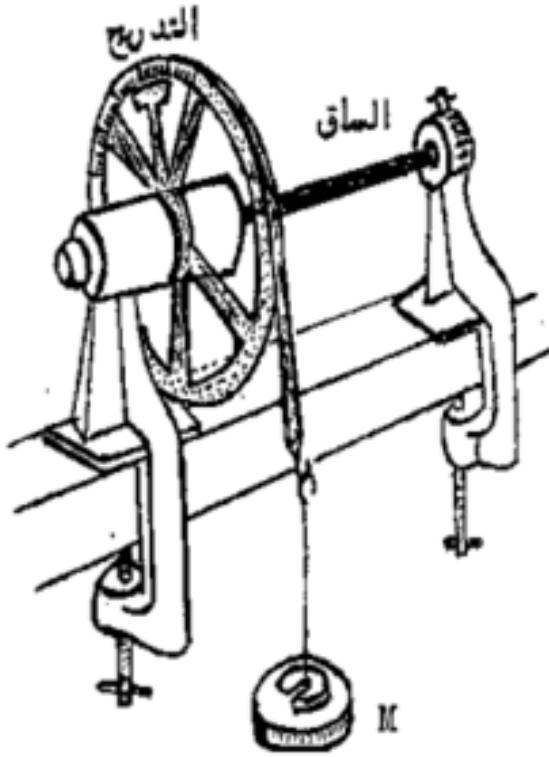
$$\frac{m}{s^2} = 9.8 = g$$

- سؤال : 1/ عرف قانون هوك ، الاجهاد الطولي ، المطاوعة الطولية.
- 2/ عند وضع الاثنال هل سيتغير المقطع .

تجربة رقم (11)
تعيين معامل الصلابة لمادة

**Determination of the coefficient of rigidity of a
wire dynamically**

الجهـاز:



شكل رقم (1)

ان المادة المطلوب ايجاد معامل الساق الصلادة لها تكون على شكل ساق اسطوانية الشكل (أو سلك) احدى نهايتيها مثبتة كما في الشكل (1) والنهائية الاخرى معرضة للبرم عن طريق تثبيتها ببكرة قابلة للدوران والبكرة مزودة بتدريج وورنية لقياس الزاوية بالدرجات ، اما العزم فيؤثر على الساق بواسطة ثقل يعلق بشريط يمر على البكرة وتقرأ زاوية اللي الناتجة بمساعدة الورنية .

النظرية :-

عند لي سلك فالإجهاد اللازم يدعى بإجهاد القص ومطوعة السلك تكون قصية ومعامل المرونة يدعى معامل القص (Modulus of shear) او معامل الصلادة (Elasticity) او معامل الصلادة (Modulus of Rigidity).

ان علاقة العزم اللازم لبرم سلك بزاوية مقدارها θ بإبعاد السلك فيمكن القول بأنه لبرم سلك من مادة معينة طوله (L) ونصف قطره (a) خلال زاوية مقدارها (θ) من الزاوية النصف قطرية يلزم عزم (τ) مقداره

ان (n) تمثل معامل الصلابة لمادة السلك

$$T = \frac{\pi n a^4 \theta}{2L} \dots \dots \dots (1)$$

فاذا كان العزم T يؤثر على السلك بواسطة خيط مفرد يمر على بكرة قطرها (D) ويحمل ثقلاً مقداره (Mg) كان :

$$T = \frac{1}{2} MgD$$

فبالتعويض في المعادلة (1) ينتج :

$$n = \frac{MgLD}{\pi a^4 \theta}$$

اما الجهاز المستخدم فيقيس θ بالدرجات

اذن:

$$n = \frac{180 gLDM}{\pi^2 a^2 \theta}$$

يقدر معامل الصلادة في النظام الدولي بوحدة نيوتن ١ متر²

العمل:

1. قس قطر السلك عدة مرات ومن اماكن مختلفة مستخدماً المايكرومتر . جد معدل نصف القطر a قس طول السلك (المسافة بين النهاية المثبتة والبكرة) L قس قطر البكرة D.

2. تأكد من متانة التثبيت للسلك . سجل القراءة الصفرية للمؤشر اي عندما تكون كفة الاتقال خالية ، ابدأ ، بتعليق ثقل مناسب وسجل الزاوية .

3. استمر بزيادة الانتقال بمراحل متساوية ، سجل قراءة المؤشر في كل حالة الى ان تحصل على ست قراءات

4. ارفع من الانتقال بنفس مقادير زيادتها سجل قراءة المؤشر في كل حالة ، رتب نتائجك في جدول كالمبين ادناه

الثقل المعلق M k g	الزاوية بالدرجات		معدل θ°
	في حالة زيادة M	في حالة نقصان M	

5. من جدول النتائج جد معدل θ الناتجة عن اضافة ثقل معين (مثلا 1 كغم) ثم عوض بهذه القيم في المعادلة (2) لحساب معامل الصلادة

6. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه قيم (M) المحور الرأسي وقيم متوسط . (θ) المناظرة المحور الافقي . جد ميل البياني ثم استخدمه لحساب (n) . قارن قيمة (n) المستحصلة بقيمتها من الجدول بعد معرفة مادة السلك .

حساب الأخطاء :-

$$\frac{\delta n}{n} = \frac{\delta L}{L} + \frac{\delta D}{D} + \frac{4\delta a}{a} + \frac{\delta \theta}{\theta}$$

$dD = 0.01 \text{ cm}$ القراءة الصغرى ان استخدمت القدمة

$dL = 0.1 \text{ cm}$ او ان استخدمت المسطرة

$da = 0.001 \text{ cm}$ القراءة الصغرى للمايكرومتر

$$d\theta = 0.1 \text{ degree}$$

تعوض هذه القيم لحساب الخطاء النسبي في قيمة dn .

اسئلة

1. ناقش البياني . هل يحقق لك قانون هوك .
2. كيف يمكنك حساب معامل الصلابة بيانيا بتثبيت قيمة العزم ؟ اشرح .
3. قارن هذه الطريقة لتعيين (n) بطريقة استخدام بندول اللي.
4. لماذا يجب التركيز على دالة قياس نصف القطر ؟

الوحدة الثانية

الحرارة

تجربة (12)

تعيين الشد السطحي لسائل باستخدام انبوب شعري

Surface tension of a water by rise in a capillary tube

الاجهزة المستخدمة :-

انابيب منظمة القطع شعرية وذات اقطار مختلفة. حامض النتريك المركز، محلول مركز من الصودا الكاوية، مكروسكوب متحرك. اناء زجاجي، حامل، ماسك.

النظرية :

عند وضع انبوب شعري في سائل فان مستوي السائل داخل الانبوب يختلف عن مستواه خارج الانبوب بمقدار (h). فلأنبوب من مادة معينة ترتفع بعض السوائل فيه وتنخفض البعض الآخر . ان الانخفاض او الارتفاع ومقداره يعتمد على قوة التلاصق والتماسك . فاذا فرضنا ان السائل الذي شده السطحي (T) يستطيع رفع عمود منه طوله (h) في انبوب شعري نصف قطره (r) وان زاوية التماس (contact angle) لهذا السائل تساوي (θ) (الزاوية التي تصنعها قوة الشد السطحي F مع جدار الانبوب) ، ففي حالة التوازن تكون :

$$2\pi r T \cos \theta = (\pi r^2 h + v) \rho g$$

حيث ان (v) هو حجم السائل الذي يشغل الجزء المظلل في الرسم انظر الشكل (1) ، فاذا

اعتبرنا سطح السائل داخل الانبوب يتخذ شكل نصف كرة فان :

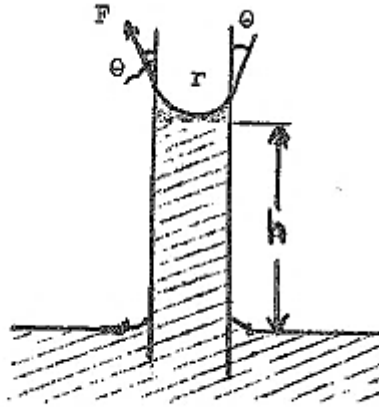
$$V = \pi r^2 \cdot r - \frac{2}{3} \pi r^3 = \frac{1}{3} \pi r^3$$

$$2\pi r T \cos \theta = (\pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^3) \rho g$$

$$T \cos \theta = \frac{r}{2} \rho g \left(h + \frac{1}{3} r \right) \dots \dots \dots (1)$$

فاذا كانت θ = 0 كما هو الحال تقريبا للماء مع الزجاج تكون :

$$T = \frac{r}{2} \rho g \left(h + \frac{1}{3} r \right) \dots \dots \dots (2)$$



شكل (1)

العمل:

1. نظف الانابيب الزجاجية من الداخل والخارج بطريقة الغسل المعهودة (اي نظف الانابيب بحامض النتريك المركز ثم بالماء الجاري ثم بمحلول الصودا الكاوية المركز ثم بالماء الجاري)، كما يجب ان يكون الاناء نظيفا ايضا. تجنب لمس الاناء من الداخل او لمس جزء الانبوب الشعري الذي سينغمر في السائل باليد.
2. املاً الاناء بالسائل المعطى ، الماء المقطر مثلاً واجعله طافحا بحيث يصبح مستوى الماء اعلى من حافة الاناء. (لتسهيل ذلك اختر كأس او اناء بدون فتحة انسكاب جانبية) .
3. ثبت الانبوب الشعري بصورة شاقوليه على حامل بواسطة ماسك بحيث تكون نهايته السفلى مغمورة بالماء ادفع الانبوب نحو الاسفل ثم اعدده الى وضعه السابق . ان هذا يضمن لك كون الانبوب مبتل الى ارتفاع يزيد قليلا من الارتفاع الذي سيتخذ السطح المقعر للماء بداخلها .
4. استخدم المكروسكوب المتحرك لتعيين طول عمود الماء (h). وذلك المكروسكوب بان يوجه اولاً على سطح السائل في الاناء وتسجل قراءة المكروسكوب ثم يوجه على اسفل السطح

- المقعر في الانبوب (الذي يظهر محدبا خلال المايكروسكوب) وتسجل قراءة المكروسكوب فيكون الفرق بين القراءتين مساويا للمقدار (h)
5. ارفع الانبوب من الماء ثم ثبته بصورة افقية ، استخدم المكروسكوب المتحرك لقياس القطر الداخلي للأنبوب. خذ معدل قراءتين متعامتتين .
6. قس درجة حرارة الماء في الاناء.
7. اعد التجربة مستخدما انابيب مختلفة المقطع . جد معدل (T) .

ايضاحات حول التجربة :-

1. لم تكون الآثار الطفيفة من الزيت تسبب تغير كبيرا في قيمة الشد السطحي للسوائل لذا يحذر من لمس سطح السائل او جزء الانبوب الشعري الذي سيغمر في السائل بعد تنظيفه .
2. تصح المعادلة (2) للسوائل . كالماء والكحول اما للسوائل الأخرى كالبارافين او التريبتن فتستخدم المعادلة (1)

اسئلة :-

1. كيف يمكنك اختبار انتظام مقطع الانبوب لشعري باستخدام خيط من الزئبق ؟
2. من الممكن حساب نصف قطر الانبوب بإدخال قليل من الزئبق فيه بين كيف يتم ذلك
3. ماذا يحدث لو كان طول الانبوب الشعري اقصر من الارتفاع الذي سيتخذه السائل بداخله ؟ تحرى علمياً
4. هل لطول الجزء المغمور داخل السائل تأثيرا على مقدار (h) ؟
5. لو اتيح لك الوقت واستخدمت انابيب شعرية بأقطار مختلفة . فما البياني الذي تقترح رسمه للاستعانة به في حساب قيمة (T) ؟

تجربة رقم (13)

تعيين الشد السطحي لسائل بطريقة وزن القطرات-Drop weight method

الغاية من التجربة:-

(أ) تعيين الشد السطحي لسائل .

(ب) تعيين الشد السطحي للسطح الفاصل بين السائلين غير

قابليين للامتزاج (كالماء والنفط)

الاجهزة المستخدمة :-

قمع تقطير او سحاحة يتصل بها و بواسطة انبوب مطاطي ،

انبوب زجاجي قصير يتراوح قطره بين 4 - 5 ملم . كأس .

مكروسكوب متحرك ، ميزان مع علبة ائقال ، سداد لولبي .



شكل (1)

النظرية :-

يمكن الحصول على قطرات متتالية للسائل بالاستعانة بالجهاز

المبين في الشكل (1) اذا فرضنا ان القطرة تتخذ شكلا اسطوانيا قبل انفصالها من نهاية الانبوب كما هو مبين في شكل (2) . ففرق الضغط بين داخل الفقاعة وخارجها والناجم عن شكل الغشاء الاسطواني يساوي α/r حيث ان r تمثل نصف قطر الانبوب و α الشد السطحي للسائل .

ان القوة المؤثرة نحو الاسفل والناجمة عن هذا الضغط تساوي $(\frac{\alpha}{r} \cdot r^2 \pi)$ وهذه تساوي

$$\alpha/\pi r$$

فاذا كان وزن القطرة يساوي (mg) كانت القوة الكلية المؤثرة عليها نحو الاسفل وهذه

تساوي $\alpha \pi r + mg$ وتعاود هذه القوة قوة الشد السطحي نحو الأعلى والتي تؤثر على طول

يساوي محيط مقطع الانبوب . اي ان :

$$2\pi r \alpha = \pi \alpha r + mg \dots \dots (1)$$

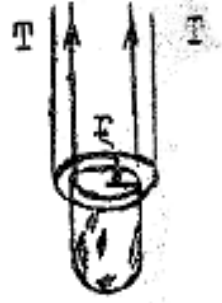
تم الحصول على هذه المعادلة بفرض ان القطرة تتفصل تحت

ظروف التوازن المثالية وقد برهن رالي

(Raleigh) ان المعادلة التالية تمثل اقرب المعادلات

التقريبية :-

$$\alpha = mg/3.8 r \dots \dots (2)$$



شكل (2)

والان لو حدث التقطير في سائل اخر اخف منه ولا يمتزج معه كتقطير الماء في وسط

النفط . شكل (3) فيعوض في المعادلة (1) وزن القطرة في السائل بدلا من وزنها (mg)

في الهواء فاذا كانت كثافة السائل في قمع التقطير (الماء في هذه الحالة) ρ وكثافة الوسط

الذي يحدث فيه التقطير (النفط) ρ وكان وزن قطرة الماء في وسط النفط مساويا :

$$mg - \frac{m}{\rho} \cdot \rho \cdot g = mg \left(\frac{\rho - \rho}{\rho} \right)$$

فباستخدام معادلة رالي التقريبية يكون

$$\alpha = \frac{mg}{3.8 \rho r} \cdot \rho - \rho \dots \dots (3)$$

يقدر الشد السطحي في النظام الدولي بوحدة نيوتن امتر حيث تكون وحدان المقادير الواردة

كما يلي :

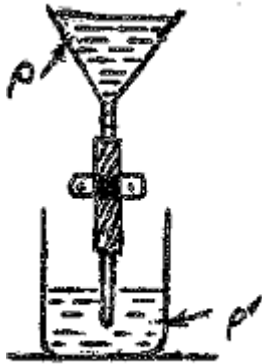
$$m \text{ كغم، كغم/متر}^3, r \text{ متر، } g \text{ متر/متر}^2.$$

العمل:

أ- تعيين الشد السطحي للسائل :-

1. رتب الجهاز كما هو مبين في شكل 1 بعد التأكد من نظافة اجزائه وضع السائل المطلوب تعيين شده السطحي (الماء) في قمع التقطير . احكم وضع السداد بحيث يكون التقطير بطيئا (قطرة لكل دقيقة مثلا)
2. زن كاسا نظيفا وجافا واجمع عددا عينا من هذه القطرات (لا تقل من 30 قطرة)
جد متوسط وزن القطرة الواحدة . كرر هذا ثم جد متوسط وزن القطرة.
3. قس قطر الانبوب عند النهاية التي يحدث منها التقطير بواسطة مكروسكوب متحرك،
خذ قراءتين متعامدتين ثم احسب المتوسط ، سجل درجة حرارة المحيط .
4. استخدم المعادلة التقريبية لرالي لحساب α مقارن هذه النتيجة بالقيمة النظرية المدرجة في الجداول .
5. كرر خطوات العمل السابقة مستخدما النفط بدلا من الماء لتعين α للنفط .
6. سجل ρ للنفط من الجداول او و استعن بأحد الطرق المعهودة لتعيين الكثافة له ،

ب- تعيين الشد السطحي الفاصل بين الماء والنفط.



شكل (3)

1. ضع الماء في جهاز التقطير وضع قليلا من النفط في كاس اغمر طرف الانبوب في النفط واحكم فتحة السداد لتحصل على تقطير بطيء (قطرة / دقيقة) مثلا .
2. خذ اناء نظيفا وجافا واملئه حتى ثلثه بالنفط . سجل وزن الاناء والنفط أغمر نهاية الانبوب تحت سطح النفط واجمع عدداً معيناً من هذه القطرة استخرج متوسط وزن القطرات الواحدة . كرر هذا مرة اخرى . سجل درجة حرارة المحيط .

3. استخدم المعادلة (3) لحساب (α) للسطح الفاصل بين الماء والنفط وقارنه بقيمة الشد السطحي لكل من السائلين على انفراد والمستحصلتين في الفقرات اعلاه.

اسئلة : -

1. جد المعادلة اللازمة لغرض المقارنة بين الشد السطحي لسائلين
2. كيف يمكنك التحقق من معادلة رالي عملياً ؟
3. افرض ان القطرة تتخذ شكلا كرويا بعد انفصالها من انبوب التقطير . ما علاقة نصف قطرها بالشد السطحي لسائلها وكثافته ؟

تجربة رقم (14) استخدام قاعدة ارخميدس (Archimedes principle) لتعيين الوزن النوعي (specific Gravity)

أ. لجسم كثافته أكثر من كثافة الماء . ب. لجسم كثافته اقل من كثافة الماء . ج. لسائل .

الاحزمة المستخدمة :-

قطعة من الزجاج او الرصاص تمثل الجسم في الفرع (أ) ، فلينة او قطعة من الشمع تمثل الجسم في (ب) ، سائل كالنפט او الكحول ، كأس ، خيط ، قنطرة او حامل لإسناد الكأس أثناء عمليات وزن الجسم في السائل ، ميزان مع علبة اثقال .

النظرية :-

تؤثر على الجسم المغمور في مانع ساكن قوة صعوديه (قوة دفع نحو الأعلى) تساوي وزن المانع الذي يزيحه الجسم ، تسمى هذه القاعدة بقاعدة ارخميدس .

(أ) اذا كان الجسم مغمور كلياً في السائل ، كان حجم السائل المزاح مساوي لحجم الجسم

لنفرض في حالة استخدام الماء ان :

وزن الجسم في الهواء W_0 وزن الجسم في الماء (مغمور كلياً) W_1

قوة دفع الماء الى الاعلى $(W_0 - W_1)$

وزن السائل المزاح $(W_0 - W_1)$ حسب قاعدة ارخميدس

فمن تعريف الوزن النوعي لجسم ، يكون الوزن النوعي p للجسم المعطى :

$$\rho = \frac{W_0}{W_0 - W_1} \dots \dots \dots (1)$$

(ب) اذا كان الجسم يطفو عند وضعه في الماء (كالفلينة مثلاً) وكان حجم الماء المزاح

مساويا لحجم الجزء المغمور من الجسم فيه . ولغمر الفلينة كلياً في الماء يستعمل مثقل ، لنفرض

ان وزن الفلينة في الهواء (W_0)

وزن الفلينة مع المثقل وهما مغمورين في الماء W_1

وزن المثقل وحده في الماء W_2 ، يكون الوزن النوعي و للفلينة :

$$\rho = \frac{W_0}{W_0 + W_2 - W_1} \dots \dots \dots (2)$$

(ج) لتعيين الوزن النوعي لسائل يستعمل جسم كثافته اكبر من كثافتي الماء والسائل الذي

تحت التجربة ، فاذا فرضنا ان :

وزن الجسم في الهواء = W_0 ، وزن الجسم في الماء W_1 ، وزن الجسم في السائل تحت

التجربة = W_2 ، كانت قوة دفع الماء الى الاعلى = $(W_0 - W_1)$

وزن الماء المزاح = $(W_0 - W_1)$ (حسب قاعدة ارخميدس) .

قوة دفع السائل للجسم (الى الاعلى) = $(W_0 - W_2)$

وزن السائل المزاح = $(W_0 - W_2)$

من تعريف الوزن النوعي لمادة يكون الوزن النوعي (ρ) للسائل :

$$\rho = \frac{W_0 - W_2}{W_0 - W_1}$$

العمل:-

أ- علق الجسم في كلاب كفة الميزان بواسطة الخيط ، احكم طول الخيط بحيث يكون الجسم ينغمر في الكأس المرفوع على القنطرة كما هو مبين في الشكل ، زن الجسم (مع الخيط) في الهواء أي في حالة عدم وجود ماء في الكأس اسكب ماء في الكأس حتى ينغمر الجسم تماما ثم اعد الوزن ، ان هذه العملية تدعى بعملية وزن جسم في الماء .

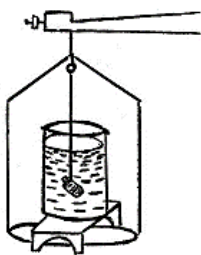
استخدم العلاقة (1) لحساب وزن النوعي للجسم .

ب- يمكن استخدام الجسم في الفقرة (أ) مثقل في هذه التجربة . زن الفلينة (مع الخيط) في الهواء . اربط المثقل بالفلينة وزن الاثنين معا في الماء ، زن المثقل وحده في الماء . استخدم

العلاقة (2) لتعيين الوزن النوعي للفلينة

ج- نظرا لكون كثافة الجسم المستخدم في الفقرة (أ) اكبر من

كثافة الماء فيمكن استخدامه لتعيين كثافة النفط . زن الجسم في الهواء ثم في الماء ، ثم في النفط ، استخدم العلاقة (3) لتعيين الوزن النوعي للنفط.



إيضاحات حول التجربة :-

1. عندما تجري عمليات الوزن في سائل احتس من ان يمس الجسم جدار الاناء كذلك يجب الا يبرز الجسم من سطح السائل ويلامسه عند رفع قبضة الميزان اثناء عملية الوزن .
2. لاحظ عدم وجود فقاعات هوائية ملتصقة بال جسم او بالخيط .
3. يجب ان تكون المادة المطلوب تعيين وزنها النوعي صلبة (غير مجوفة) .

أسئلة:

- 1- اشتق العلاقة (2)
- 2- كيف يمكنك حساب الوزن النوعي لجسم صلب يذوب في الماء؟
- 3- اذا كان لديك جسم صلب معلوم الوزن النوعي . كيف تتأكد من انه صلب ؟
- 4- اذا اعطيت قطعة من مادة صلبة غير مجوفة وقيل لك انها من الفضة الخالصة فكيف تأكد من انها غير مغشوشة؟

التجربة رقم (15) Surface tension - التوتر السطحي

الغرض من التجربة :-

تعيين التوتر السطحي لسائل باستخدام طريقة الأنبوب الشعري .

الاحزمة والادوات المستخدمة :-

انابيب شعرية مختلفة الأقطار و مكروسكوب متحرك ، كأس به سائل - ترمومتر (محرار) .

شكل (1)

النظرية :-

ان وزن السائل الذي كثافته (p) بالأنبوبة الشعرية يتزن مع المركبة الرأسية لقوة التوتر السطحي المؤثر على محيط دائرة تلامس السائل بالأنبوبة والتي يمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية:

$$2\pi r y \cos \theta = \pi r^2 h \rho g \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان (r) نصف قطر الأنبوبة الشعرية .

(y) التوتر السطحي للسائل .

(θ) زاوية التلامس بين مماس سطح السائل في الأنبوبة وجدارها .

(g) عجلة الجاذبية الأرضية .

فعند استخدام سائل يبيل جدران الأنبوبة (الماء مثلاً) فإن (θ = 0)

لذا فان المعادلة (1) تؤول الى الشكل التالي :-

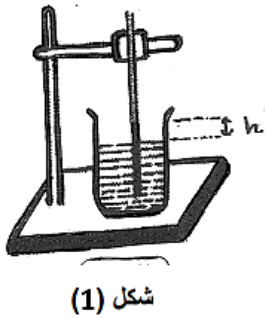
$$\gamma = \frac{1}{2} r g h \rho \dots \dots \dots (2)$$

وحدات التوتر السطحي γ وهي (N/m) أو (dyn/cm)

طريقة العمل :

1. نظف الانابيب الشعرية من الداخل والخارج استخدام حامض النتريك المخفف ثم الماء وعدها بمحلول الصودا وأخيراً بالماء ثم جففها جيداً .
2. احسب القطر الداخلي للأنبوبة الشعرية ($2r$) باستخدام الميكروسكوب المتحرك .
3. املاً الكأس بالسائل (الماء) واحفظ الأنبوبة الشعرية فيه جيداً حتى يتخللها السائل ثم ارفعها بحيث ينغمر جزء منها في السائل .
4. قس ارتفاع السائل (h) في الأنبوبة الشعرية كما موضح بالشكل (1)
5. احسب التوتر السطحي من المعادلة (2).
6. كرر التجربة باستخدام أنابيب شعرية مختلفة الاقطار
7. رتب نتائجك كما في الجدول :

التوتر السطحي	الارتفاع (h)	القطر الداخلي ($2r$)			
		المتوسط	(II)	(I)	
cm/Dyn	(cm)				الأنبوبة الأولى
					الأنبوبة الثانية
					الأنبوبة الثالثة



الأسئلة:

1. احسب نسبة الخطأ بين القيمة الحقيقية والقيمة التجريبية للتوتر السطحي (خذ القيمة الحقيقية من الجدول (2) الموجود في الملحق).
2. ما هو توقعك عن سبب وجود الأخطاء التجريبية؟
3. هل ان زاوية التلامس (θ) تساوي صفراً عند استخدام الزئبق ؟ وضح ذلك.

تجربة رقم (16) لزوجة سائل - Viscosity of a liquid

الغرض من التجربة :- ايجاد لزوجة سائل

الاجهزة المستخدمة :-

اسطوانة زجاجية طولها متر واحد - سائل لزج مثل الجليسرين - مسطرة مدرجة - مايكرومتر لقياس نصف قطر كرات صغيرة - كرات صغيرة معدنية (نحاسية مثلاً) - ثرمومتر لقياس درجة الحرارة - ساعة توقيت .

النظرية:-

عند سقوط كرة معدنية كثافتها (ρ) في سائل فانها تتعرض لقوة إعاقة من قبل السائل وهذه القوة تسمى قوة اللزوجة (F) وحسب قانون ستوك تتناسب مع نصف قطر الكرة (r) ولزوجة السائل n والتي يمكن توضيحها بالمعادلة الرياضية الاتية:-

$$F = 6 \pi \eta v_t r$$

عندما تسقط كرة في داخل سائل فإنها تتسارع في البداية ولكنها بعد فترة قصيرة تصل الى سرعة معينة (v) تسمى سرعة المنتهى بسبب قوة اللزوجة المؤثرة عليها والتي تسبب لها إعاقة للحركة وهذه القوة ستتعاادل مع قوة الطفو (F_A).

التي يكون اتجاهها نحو الأعلى وكذلك وزن الكرة (mg) والذي يكون اتجاهه نحو الأسفل كما هو موضح في الشكل (1) ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات الاتية :-

$$mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g \quad \rho - \text{كثافة الكرة المعدنية}$$

فان قوة الطفو ستكون :-

$$F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g$$

حيث ان g هو التعجيل الارضي .

ρ كثافة السائل (الكلسرين)

اما عند وصول الكرة سرعة المنتهى (terminal velocity) فإن :-

$$F_A + F = mg$$

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho) g$$

$$6\pi \eta v_t r = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho) g$$

$$\therefore \eta = \frac{2 r^2}{9 v_t} (\rho - \rho) g \dots \dots \dots (2)$$

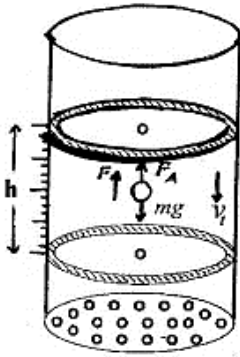
فاذا كان (1) قطر الكرة فإن :

$$r = \frac{d}{2} \pi \dots \dots \dots (3)$$

وبتعويض معادلة (3) في المعادلة (2) نحصل :

$$\eta = \frac{d^2 (\rho - \rho) g}{18 V_t}$$

فاذا تم معرفة V_t, d, ρ, ρ من الممكن حساب لزوجة السائل ، علما لكره نق r فان العلاقة بين سرعة المنتهى V_t المقاسة في انبوب قطره $k, -V_t$ سرعة المنتهى في انبوب نصف قطره لا نهائي تعطى بالعلاقة :



شكل (1)

$$V_t = V_t \left(1 + 2.4 \frac{r}{k} \right)$$

طريقة العمل:-

1. اسكب السائل اللزج (الجليسرين مثلا) المراد قياس معامل لزجته في الاسطوانة الزجاجية المدرجة واتركه فترة حتى يستقر و تخرج منه فقاعات ؟
2. ثبت شريطين لاصقين حول الاسطوانة المدرجة احدهما بالقرب من قاعدة الاسطوانة والثاني على بعد (8-10 cm) من سطح السائل على ان تكون المسافة بين الشريطين (70 cm)
3. اختر مجموعة من الكرات التي لها نصف قطر متساوي.

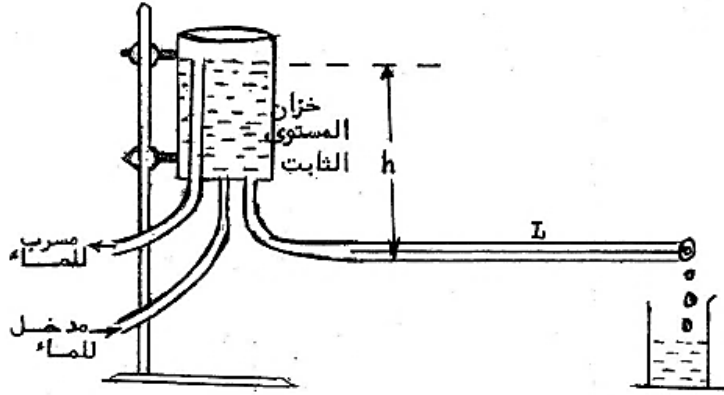
4. اسقط الكرة مركزيا في وسط الاسطوانة وعين الزمن الذي تستغرقه الكرة لقطع هذه المسافة بواسطة ساعة توقيت ثم كرر العمل لكرة اخرى للتأكد من القياس .
5. غير المسافة بين الشريطين على ان لا تقل عن (10cm) في كل مرة وكرر العمل السابق المذكور في الفقرة (4).
6. رتب نتائج كما هو موضح في الجدول .
7. ارسم الشكل البياني لقيم $h(\text{cm})$ على محور الصادات وقيم t_s على محور السينات ومن الميل نحصل على السرعة V_t .
8. قس نصف قطر الكرة بواسطة المايكرومتر
9. احسب قيم لزوجة السائل من المعادلة (4) .
10. احسب نسبة الخطأ المنوي بالمقارنة مع القيمة النظرية للزوج الجليسين التي يمكن اخذها من الملحق

متوسط $t(s)$	$t_s(s)$	$t_1(s)$	$h(\text{cm})$
			70
			60
			30
			40
			50

الأسئلة :-

1. عرف لزوجة السائل وهل انها تختلف من مادة لأخرى ؟ وضح ذلك .
2. بماذا يمكنك تشبيه قوة اللزوجة ؟.
3. ما هي اسباب الخطأ في التجربة اذا كان لديك نسبة خطأ مؤني .
4. هل ان لزوجة السائل تتغير بتغير درجات الحرارة ؟
5. لماذا يجب القاء الكرات الحديدية في وسط الاسطوانة ، وان يكون قطر الاسطوانة -k كبير

تجربة رقم (17)
تعيين لزوجة الماء بطريقة السريان خلال انبوب شعري
Coefficient of viscosity for a water by capillary a flow



شكل (1)

الاحهزة المستخدمة :-

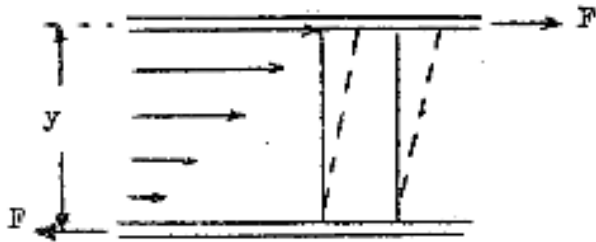
جهاز المستوى الثابت ، انبوب شعري، مايكروسكوب متحرك ،مخبر مدرج (انبوبة اختبار) محرار ، كأس ، مسطرة مترية .

يرتب الجهاز كما هو مبين في شكل (1) حيث يوضع خزان المستوى الثابت في مستوى اعلى من سطح المنضدة، يجري الماء منه الى انبوب شعري ذي طول معلوم ومثبت بصورة افقية ومن ثم الى مخبر مدرج ، ولتسهيل قراءة فرق الضغط بين طرفي الانبوب يربط في اغلب الاحيان مانومتر فالفرق بين مستوى الماء في شعبتيه يدل على مقدار (h)

النظرية:

من الممكن القول بأن اللزوجة مردها الاحتكاك الداخلي بين طبقات المائع (سائل او غاز) فاذا تصورنا ان المائع مقسما الى طبقات تنزلق بعضها فوق البعض الآخر فعند جريان المائع بصورة منتظمة تكون سرعة هذه الطبقات متباينة اقلها في الاسفل و تتزايد تدريجيا نحو الاعلى فتأثير القوة الناشئة عن لزوجة المائع تولد اجهادا شبيها بالإجهاد القصي اما المطاوعة في هذه الحالة فتمثل مقدار الانحدار في السرعة ، لاحظ الشكل - 2 - .

يمكن في هذه الحالة تعريف معامل اللزوجة (η) بنفس الطريقة التي يعرف بها معامل المرونة فاذا فرضنا أن سرعة الطبقات العليا v والسفلى تساوي صفر ومساحة الطبقة A وارتفاع السائل العمودي على اتجاه الجريان y والقوة الناشئة عن اللزوجة بين طبقتين من السائل تساوي (F) يكون :-



$$\eta = \frac{\text{shearing stress}}{\text{rate of shear}}$$

$$\eta = \frac{F}{A} / \frac{v}{y} \dots \dots \dots (1)$$

شكل (2)

وبصورة اخرى (2) $F = \eta A. dv \setminus dy \dots \dots \dots$

(η) كمية ثابتة تعتمد على طبيعة السائل وتعرف كما في المعادلة (2) بانها مقدار القوة المماسية المؤثرة على وحدة السطح اللازمة لإحداث انحدار سرعة (velocity gradient) في السائل .

اذا كان السائل يجري بصورة منتظمة في انبوب اسطواني الشكل فإن سرعة الجريان تكون صفرا لطبقة السائل الملامسة للجدار وتبلغ اقصى قيمة لها في وسط الانبوب ولقد وجد بوازي

(poiseuille) انه اذا كان طول الانبوب يساوي (L) ونصف قطره يساوي (R) وفرق الضغط بين طرفيه يساوي (p) فان حجم الماء المتدفق في الثانية الواحدة (Q) يساوي :-

$$Q = \frac{\pi R^4 p}{8 L \eta}$$

اما (ρ) فتعيين عادة بقياس الارتفاع الشاقولي لعمود الماء الذي يولده فرق الضغط هذا بين

$$\rho = \rho g h$$

طرفي الانبوب اي ان

حيث ان (ρ) تمثل كثافة السائل (g) التعجيل الارضي .

$$Q = \frac{\pi R^4 \rho g}{8 L \eta} \dots\dots\dots(3) \quad \text{اذن :-}$$

تقدر لزوجة مانع في النظام الدولي بوحدة نيوتن . ثانية / متر² ، حيث تكون وحدات المقادير الواردة كما يلي:

$$Q \text{ م}^3 / \text{ثا}$$

$$R \text{ و } L \text{ و } h$$

$$\rho \text{ كغم / م}^3$$

$$g \text{ م / ثا}^2$$

العمل :-

1. رتب الجهاز كما في شكل -1- اختبر استواء الانبوب الشعري باستخدام ميزان الفقاعة نظم الجريان بحيث ان الماء الخارج من الانبوب يجري على شكل قطرات متتالية .
2. بعد انتظام الجريان والحصول على حالة متزنة له ، استخدم المخبر المدرج لقياس حجم الماء الخارج . احسب الزمن اللازم لجمع هذا الحجم منه في المخبر ، كرر العملية ثم احسب متوسط (Q).

3. قس المسافة الشاقولييه (h) بين محور الانبوب الشعري ومستوى الماء في جهاز المستوى الثابت
4. كرر فقرات العمل السابقة بأخذ قيم مختلفة للارتفاع (h) . احسب قيمة (Q) في كل حالة سجل درجة حرارة الماء في المخبر رتب نتائجك في جدول .
5. ارفع الانبوب الشعري وقس قطره بدقة بأخذ قراءتين متعامدتين لكل من طرفيه باستخدام المايكروسكوب المتحرك. سجل طول الانبوب الشعري .
6. ارسم تخطيطا بيانيا لقيم (Q) ضد قيم (h) المناظرة . ان القيم الكبيرة لمقدار (h) قد تشذ عن استقامة الخط الناتج. استخدم الجزء المستقيم منه لحساب (η) قارن هذه النتيجة مع تلك المدرجة في الجداول . وذلك باستخدام المعادلة (4) في الصفحة التالية.

ملاحظة:

ان الوضع الأفقي للأنبوب الشعري يؤدي الى اندفاع الماء الخارج منها نحو الخلف ان قليلا من الشمع او القار عند نهايتها يمنع هذا الاندفاع .

حساب الإخطاء :-

يمكن كتابة المعادلة (3) على الوجه التالي :

$$\eta = \frac{\pi R^4 \rho g h}{8 L Q} \dots \dots \dots (4)$$

$$\eta = \frac{R^4 \rho g t (h_2 - h_1)}{8 v L} \text{ :- او ان}$$

g, ρ ثوابت تؤخذ من الجداول

$$\frac{\delta \eta}{\eta} = \frac{4 \delta R}{R} + \frac{\delta t}{t} + \frac{\delta (h_2 - h_1)}{h_2 - h_1} + \frac{\delta L}{L} + \frac{\delta v}{v}$$

$$\frac{\delta \eta}{\eta} = 4 \frac{\delta R}{R} + \frac{\delta t}{t} + \frac{\delta h_2 - \delta h_1}{h_2 - h_1} + \frac{\delta L}{L} + \frac{\delta v}{v}$$

القراءة الصغرى للمسطرة المترية المستخدمة تساوي 0,1 رسم لذا تكون :-

$$\delta_{h1} = \delta_{h2} = \delta L = 0.1 \text{ cm}$$

القراءة الصغرى للمايكروسكوب المتحرك

القراءة الصغرى للساعة المستخدمة

القراءة الصغرى للأسطوانة المدرجة والمستخدم لقياس الحجم

عوض هذه القيم في المعادلة اعلاه لحساب الخطاء النسبي في قيم اللزوجة.

أسئلة :-

1. لماذا تنشأ القيم العالية للمقدار (h) عن استقامة الخط البياني ؟
2. لماذا يجب ان يكون الانبوب بوضع افقي ؟
3. ما تأثير درجة الحرارة على لزوجة السائل بالغاز ؟
4. لماذا يجب التركيز على قياس قطر الانبوب الشعري بصورة دقيقة ؟
5. ما هي وحدات η ؟

تجربة رقم (18) تعيين لزوجة سائل بطريقة stokes method - ستوكس

الغاية من التجربة:-

دراسة حركة كرة صغيرة تسقط في وسط لزج ، ثم حساب معامل اللزوجة للوسط باستخدام قانون ستوكس.

الجهاز :-

يتألف من انبوب طوله حوالي 1,5م ، مسدود من احد الطرفين مملوء بالسائل الذي تحت التجربة ، كرات معدنية من مادة واحدة ذات حجم واحد وهناك ترتيب لاستخراج الكرات من داخل السائل بعد اسقاطها فيه الشكل -1-

النظرية:

عندما يسقط جسم في سائل لزج يلاقي مقاومة من قبل السائل تعاكس حركته ، فاذا كان الجسم الساقط كروي الشكل نصف قطره (r) وكانت سرعته (v) في سائل لزجته (η) فالمقاومة حسب قانون ستوكس (R) تعطى بالعلاقة :-

$$R = 6\pi \eta r v$$

فالجسم الساقط بصورة شاقولية في سائل لزج يكتسب بعد فترة من بدء سقوطه سرعة ثابتة تدعى بالسرعة الحدية (V_t - terminal velocity) فيكون عندئذ تحت تأثير قوة متزنة . القوة الصعودية للسائل (B) والقوة الناتجة من لزوجة السائل (R) تعملان باتجاه نحو الاعلى يعادلها ثقل الجسم (w) باتجاه نحو الاسفل ،

$$w=R+B \quad \text{اي ان :-}$$

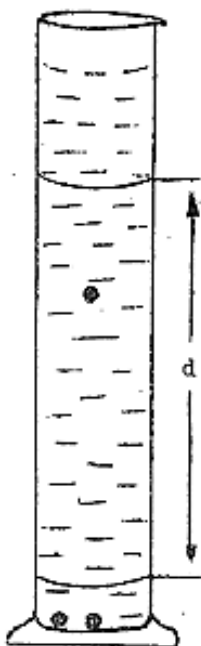
فاذا كانت تمثلان كثافة الكرة والسائل على التوالي كانت :-

$$\eta = \frac{2r^2 g(\rho - \sigma)}{9V_t} \dots \dots \dots (1)$$

ان سرعة السقوط تتأثر بجدران الانبوب الذي يحوي السائل ، لذا يجب رمي الكرات في وسط الانبوب كذلك ان العلاقة بين السرعة الحدية V_t المقاسة في انبوب نصف قطره k ، V_t (السرعة الحدية في انبوب نصف قطره لانهائي تعطى في العلاقة التالية) :-

$$V_t = v_t \left(1 + 2.4 \frac{r}{k}\right)$$

ويدعى هذا بتصحيح لادنبرغ (Ladenburg)



شكل (1)

العمل:

1. ثبت الانبوب بصورة شاقوليه واملاً بالسائل تأكد من خلو السائل من الفقاعات الهوائية
2. مستخدماً كرات ذات حجم واحد ، استعن بالمايكرومتر لقياس قطر كل منهما مرتين احسب متوسط (r) .

3. اترك الكرة تسقط في وسط الانبوبة و بواسطة ساعة توقيت احسب الزمن اللازم للكرة لقطع مسافة حوالي المتر اعد حساب الزمن باستخدام كرة ثانية (بداية المسافة يجب ان تكون على الاقل على بعد 10 سم من سطح السائل ، لماذا؟)
4. غير المسافة عدة مرات ، خذ قراءتين للزمن لكل مرة . ثم رتب نتائجك في الجدول (1)
5. ارسم تخطيطا بيانيا تمثل فيه قيم d المحور الرأسي و قيم t المناظرة المحور الافقي. ناقش هذا البياني ومنه احسب $\vec{V}_t$.

زمن السقوط (ثا)			المسافة
t	t_1	t_1	d م
			1,00

			0,30

الجدول (1)

6. قس قطر الانبوب الذي يحوي السائل ثم استخدم المعادلة (2) لحساب السرعة الحدية V_t
7. جد كثافة السائل وكذلك كثافة الكرات ، ثم طبق المعادلة (1) لحساب الزوجة السائل . سجل درجة حرارة المختبر .
8. اعد التجربة مستخدما كرات ذات حجر يختلف عن حجم الكرات في التجربة اعلاه ، مثل نتائجك على نفس البياني .

الاحزمة المستعملة :-

انبوب زجاجي طوله حوالي 1,5 متر واسع قدر الامكان ، سداد مطاطي لغلق احدى نهايتيه، حامل مع مواسك ، سائل (الكسرين مثلاً) ، كرات معدنية من مادة واحدة ساعة توقيت ، مقياس متري، مايكرومتر ، محرار ، اسطوانة مدرجة ، ميزان مع علبة ائقال .

أسئلة:

1. كيف يمكنك التأكد من صحة العلاقة (2) عملياً ؟
2. لو كان بالإمكان ارسال فقاعات هوائية ذي حجم معين داخل السائل . كيف تسير هذه الفقاعات وما القوى المؤثرة عليها ؟؟ جد المعادلة المماثلة للمعادلة (1) .

تجربة (19) تحقيق قانون نيوتن في التبريد Newton's Law of Cooling

الاحزمة المستخدمة :-

مسعر ، محرار يقرأ لغاية 75 الدرجة المئوية، ساعة توقيت ، كأس ، عدسة مكبرة .

النظرية:

يبرد الجسم الساخن نتيجة فقدان كمية من الحرارة الى الوسط المحيط به، فاذا بقيت درجة حرارة المحيط ثابتة فان الجسم يفقد من حرارته حتى تتساوى درجة حرارته مع درجة حرارة المحيط. اما فقدان الحرارة فقد يتم عن طريق الاشعاع والحمل والتوصيل. فاذا وضع الجسم بحيث يمكن اهمال الحرارة المنتقلة منه عن طريق التوصيل، فان قانون نيوتن للتبريد ينص على ان المعدل الزمني لفقدان الحرارة من جسم ساخن - اي عدد الجولات من الحرارة التي يفقدها الجسم في الثانية الواحدة

$$(dQ/ dt)$$

تتناسب مع الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة الوسط المحيط به $(T - T_0)$ ، اي ان ،

$$-\frac{dT}{dt} = c(T - T_0)$$

اما ثابت التناسب (C_0) في المعادلة فيعتمد على طبيعة السطح الفاقد للحرارة وامتداده (يصح تطبيق هذا القانون لفروق كبيرة بين درجة حرارة الجسم و درجة حرارة المحيط بشرط ان يحصل التبريد في وسط تشتد فيه التيارات الهوائية ، ان لم يتوفر هذا فيصح فقط لفروق صغيرة لدرجات الحرارة).

يمكن اشتقاق قانون نيوتن كما يلي ، وبلاستفادة من الشكل (1) علاقة $T - t$

قانون نيوتن

$$-\frac{dT}{dt} = k(T - T_0) \dots \dots \dots (1)$$

T_0 درجة الحرارة الابتدائية عندما $t=0$

$$\therefore \frac{dT}{T - T_0} = -k t$$

$$\therefore \ln T = -k t + \text{const.}, \text{const.} = \ln T_0 \dots \dots \dots (2a)$$

$$\therefore T = T_0 e^{-kt} \dots \dots \dots (2b)$$

بتحقيق المعادلة اعلاه يتم تحقيق قانون نيوتن في التبريد.

تقدر الحرارة النوعية للسائل في النظام الدولي بوحدة (جول / كغم . درجة سيليسية))

العمل :-

- (1) احمل المسعر بطريقة تمنع تسرب الحرارة منه عن طريق التوصيل . سخن السائل (اذا كان السائل تحت التجربة النفط او الكحول او البارافين فيسخن في حمام مائي) ، ثم املاء المسعر بالسائل الذي درجة حرارته حوالي 75⁰ م . ضع غطاؤه والمحرك والمحرار .
 - (2) قس درجة حرارة السائل بدقة وبعد مرور كل دقيقة الى ان يبرد الى حوالي 30⁰ م ، حرك السائل بهدوء اثناء كل قياس .
 - (3) سجل درجة حرارة المحيط في بداية التجربة وعند الانتهاء منها ، سجل المتوسط T_0 .
- ثم رتب نتائجك في جدول كالمبين ادناه

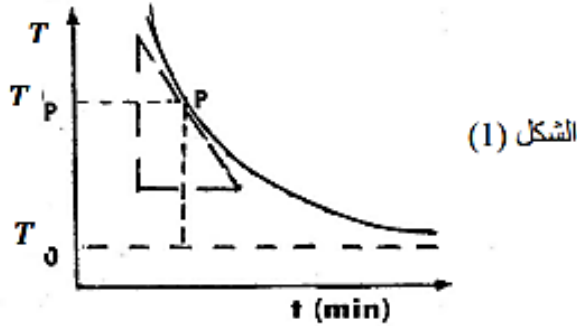
متوسط درجة حرارة المحيط T_0			
الزمن t	درجة الحرارة T م	(T - T ₀)	Log(T - T ₀)

اضافة : معدل فقدان الحرارة من الجسم تعتمد على طبيعة ومساحة السطح المشع للحرارة كذلك يعتمد على درجة حرارة الجسم نفسه ، ودرجة حرارة المحيط للسطح المشع .

وحدات السعة الحرارية النوعية $\frac{J}{kg \text{ } ^\circ C}$ ورمزها (C) .

(4) لتحقيق المعادلة (1) :

أ- ارسم تخطيطاً بيانياً تمثل فيه قيم T على محور Y وقيم t المناظرة على محور X ان المنحني الناتج والمبين في الشكل يدعى بمنحني التبريد (cooling curve) للسائل .



ب- انتخب نقطة على المنحني ولتكن p درجة حرارتها T_p ، سجل $(T_p - T_0)$ ، جد $(dT/dt)_p$ عند هذه النقطة كرر هذا لعدة نقاط (اربع نقاط على الاقل) ، رتب الميل نتائجك في جدول .

ج- ارسم تخطيطاً بيانياً اخر تمثل فيه قيم $(dT/dt)_p$ محورا للصادات وقيم $(T_p - T_0)$ المناظرة محورا للسينات. ان هذا البياني يجب ان يكون خطاً مستقيماً يمر بنقطة الاصل ليحقق قانون نيوتن في التبريد (5) لتحقيق المعادلة (2) ارسم تخطيطاً بيانياً تمثل فيه قيم $\log (T_p - T_0)$ المبينة في الجدول على المحور الصادي وقيم المناظرة على المحور السيني فستحصل على خط مستقيم ان كان قانون نيوتن صحيح

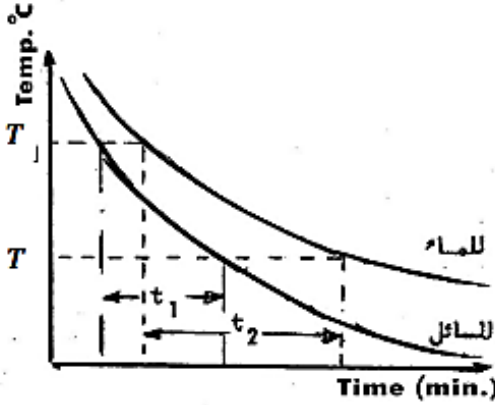
إيضاحات حول التجربة:

- 1- استعن بعدسة مكبرة لضبط قراءة درجة الحرارة
- 2- استعن بشريط مرآة مستوية عند رسم المماس لمنحني التبريد في النقاط التي انتخبته

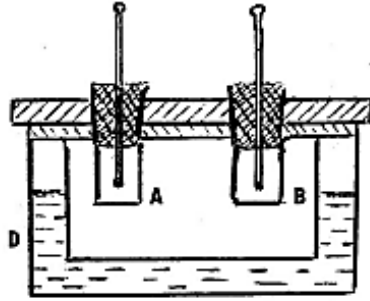
اسئلة :-

ما علاقة ميل المستقيم الناتج في الخطوة (4-ج) وميل المستقيم الناتج في الخطوة (5)؟

تجربة (20)
تعيين الحرارة النوعية لسائل بطريقة التبريد
Sp. Heat of Liquid by Method of Cooling



شكل (2)



شكل (1)

النظرية:-

بما ان سرعة التبريد للجسم تعتمد على الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة المحيط وعلى طبيعية السطح الفاقد للحرارة، لذا فالحجوم المتساوية من السوائل الموضوعة في مساعير متماثلة اذا اتيح لها ان تبرد نفس المدى من درجات الحرارة فان كل منها سيفقد نفس الكمية من الحرارة في الثانية الواحدة. وعلى هذا الاساس يمكن حساب الحرارة النوعية لاحد السوائل اذا علمت الحرارة النوعية لسائل اخر. فاذا كانت m كتلة السائل و c حرارته النوعية و w المكافىء المائي لمسعره وكانت t الزمن اللازم ليبرد من T_1 الى T_2 كانت :

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_1 = \frac{(m_1 c_1 + w_1)(T_1 - T_2)}{t_1} \quad \text{للسائل الأول}$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_2 = \frac{(m_2 c_2 + w_2)(T_1 - T_2)}{t_2} \quad \text{للسائل الثاني}$$

$$\therefore \frac{(m_1 c_1 + w_1)}{t_1} = \frac{(m_2 c_2 + w_2)}{t_2}$$

ومن هذه المعادلة يمكن حساب c_1 اذا علمت c_2

الحهاز:

يتألف من مسعرين متماثلين تماما A و B سد كل منهما بسداد مطاطي يخترقه محرار ويوضعان كلاهما بالصورة المبينة في الشكل (1) داخل مسعر ذو جدار مزدوج CD تملأ الفسحة بينهما بالماء لكي يمثل الاناء الداخلي C محيطا ذا درجة حرارة ثابتة . يلزم ايضا استخدام ساعة توقيت ، ميزان مع علبة ائقال ، حمام مائي .

العمل :-

1. جفف المسعرين A و B ثم زنهما ، املاء المسعر A الى حوالي ثلثيه بالماء وكذلك B بالسائل الذي تحت التجربة. ثبتهما بغطاء المسعر الخارجي بواسطة سدائيهما المطاطيين المثبتين بهذا الغطاء كما هو مبين في الشكل .
2. سخن المسعرين الى حوالي 80°م بغمرهما في حمام مائي ، ضع الغطاء والمسعرين المثبتين به في موضعه.
3. سجل بدقة درجة حرارة A و B بعد مرور كل دقيقة وحتى تنخفض درجة حرارة كل منهما الى حوالي 35°م (عندما تصبح سرعة التبريد بطيئة ، سجل درجة الحرارة بعد مرور كل دقيقتين) . وكطريقة سهلة للقياس تقرأ درجة الحرارة للمحرارين بالتناوب، لاحظ جدول النتائج ان السائل يبرد قبل الماء ، استمر بتسجيل الزمن للماء اذ ان المطلوب هو الحصول على الزمن اللازم لكلا السائلين ليبردا نفس المدى من درجات الحرارة .

$t \text{ (min.)}$	للسائل $T^{\circ}C$	للماء $T^{\circ}C$
0	75	-----
.5	-----	72
1	70	-----
1.5	----	70.5
-----	----	-----
-----	-----	-----

4. ارفع الغطاء ، ثم زن كل من المسعرين للحصول على كتلة الماء والسائل .
5. قس درجة حرارة الوسط المحيط بالمسعرين في بداية التجربة وعند الانتهاء منها .
6. ارسم منحنى التبريد شكل (2) للماء وللوسائل على ورقة خطوط بيانية واحدة ، ممثلاً قيم T على محور Y وقيم t المناظرة على محور X .
- جد الزمن اللازم t_1 و t_2 لكي يبرد كل منهما نفس المدى من درجات الحرارة ، احسب قيمة c_1 استخدم البياني لحساب قيمة اخرى لـ c_1 ، جد المتوسط.

ملاحظة :-

1. من الواضح ان هذه التجربة لا تستلزم صحة قانون نيوتن او اي قانون اخر في التبريد .
2. من الممكن استخدام نتائج هذه التجربة، أي منحنى التبريد للوسائل او للماء لإثبات صحة قانون نيوتن في التبريد، فغالبا ما تدمج التجريبتان .

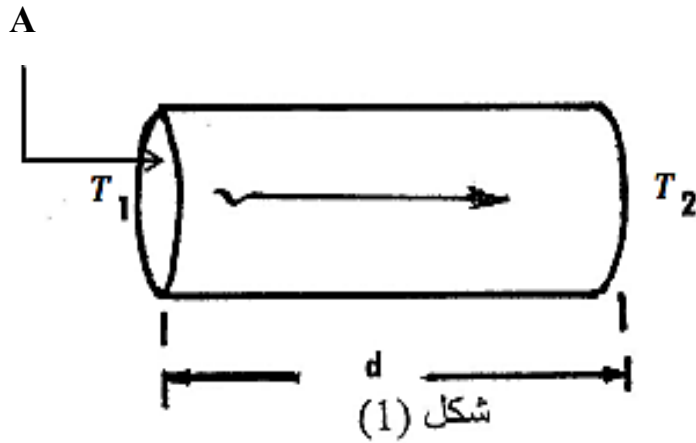
اسئلة:-

هل يمكن ايجاد الحرارة النوعية لغاز او لمادة صلبة بطريقة التبريد ؟

تجربه (21)
معامل التوصيل الحراري
coefficient of Thermal Conductivity

تمهيد:

عندما تكون درجة حرارة موقع معين من جسم اعلى من درجة حرارة موقع اخر مجاور له فان الحرارة تنتقل بطريقة التوصيل من الموقع الاول الى الموقع الثاني ، فاذا كان الاختلاف في درجة حرارة الموقعين (dT) والمسافة بينهما (dx)



فالمقدار (dT / dx) يدعى بالانحدار الحراري فاذا اخذنا جسما منتظما المقطع مساحة مقطعه (A) وحفظ وجهيه في درجتين ثابتتين احدهما اعلى من الاخرى (شكل - 1) فان الحرارة تنتقل بخطوط مستقيمة

(Linear flow of Heat) باتجاه الطول (او السمك) من الطرف الساخن ونحو الطرف البارد بصورة عمودية على المساحة (A) كما ان درجات الحرارة لأجزاء الجسم المختلفة تكون متناقصة بنفس الاتجاه وثابتة المقدار، تدعى هذه الحالة للجسم بحالة التوازن الحراري (Steady state) ، فعندما يصل الجسم الى هذه الحالة تكون كمية الحرارة المنتقلة في الثانية الواحدة (dQ)

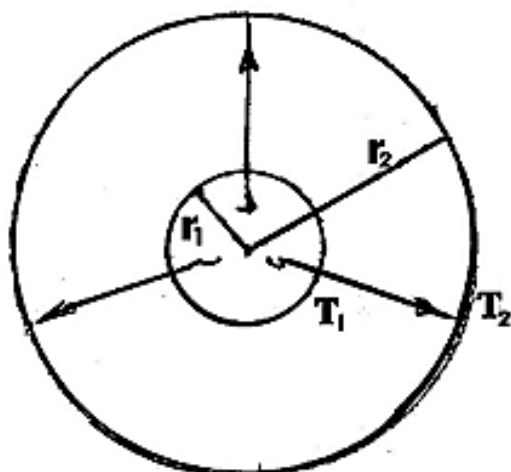
$\frac{dQ}{dt}$ من الوجه الأول الى الوجه الثاني مقدار ثابت ويتناسب تناسبا طرديا مع الفرق بين درجتي حرارتهما ومع مساحة المقطع للجسم وعكسيا مع المسافة بينهما، أي ان :

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{-KA}{d} \cdot \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

d متر ، A متر² ، T درجة كلفن ، t ثانية ، Q جول

ثابت التناسب (k) يدعى بمعامل التوصيل الحراري للمادة ، اما الإشارة السالبة فـ أدرجت في المعادلة لكون الانحدار الحراري كمية سالبة ، لذا فان (k) كمية موجبة .

تجربتي (21) و (22) تطبيق على هذا المثال حيث يكون الانحدار الحراري مقدار ثابت عند حصول الاتزان الحراري.



شكل (2)

هناك مثال آخر (تجربة ايجاد معامل التوصيل الحراري لأنبوب زجاجي) لانتقال الحرارة بطريقة التوصيل حيث يكون السريان الحراري باتجاه نصف القطر (شكل) - (2) ففي حالة الاتزان الحراري لا يكون الانحدار الحراري مقدار ثابت .

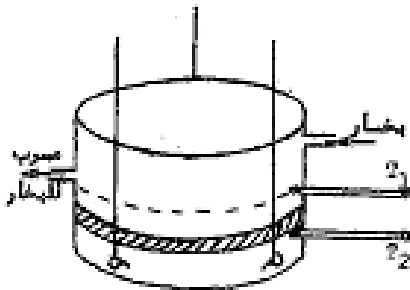
فاذا حفظ الوجه الداخلي لأنبوب اسطوانى بدرجة حرارة تختلف عن السطح الخارجى بمقدار (dT) فان الانحدار الحرارى يعطى بالمقدار (dT/dr) كما ان مساحة المقطع لا تكون ثابتة وانما تعطى بدلالة نصف القطر (r) الاتجاه الممثل لانتقال الحرارة (Radial Flow of Heat)
يقدر معامل التوصيل الحرارى فى النظام الدولى بوحدة :
واط / (متر . درجة كلفن) ، حيث تكون وحدات المقادير الواردة كما يلى :-

تجربة (22)

تعيين معامل التوصيل الحرارى لمادة رديئة

التوصيل للحرارة بطريقة قرص ليز Lees' Disc Method

الاحزمة المستخدمة:



شكل (1)

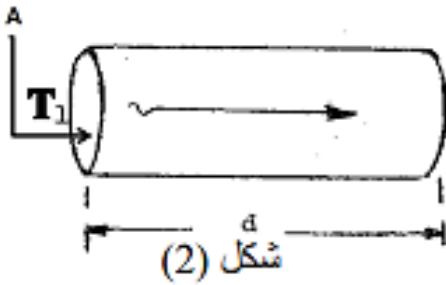
جهاز ليز قرص المادة الرديئة التوصيل للحرارة، قدمة ، مايكرومتر ، ميزان ، حامل مع ماسك محرران ، غلاية مصباح بنزين ، ساعة توقيت .

يتكون جهاز ليز كما في شكل (1) من قرصين (عادة من النحاس الأصفر) احدهما (القرص السفلي) صلد والآخر (القرص العلوي) مجوف يدخله بخار الماء من فتحته العليا ويخرج مع المتكثف منه من فتحته السفلى .

كما يحتوى كل قرص على فتحة يوضع فيهما محرار لقياس درجة حرارته ، اما المادة المطلوب قياس معامل التوصيل الحراري لها فيجب ان تكون على شكل قرص قطرة مساوي لقطر القرصين وذات سمك قليل يوضع بين القرصين المعدنيين ويعلق الجهاز على حامل ذي حلقة بواسطة ثلاثة خيوط مربوطة في القرص السفلي كما هو مبين

في شكل (1)

النظرية:-



تعطي كمية الحرارة المنتقلة في وحدة الزمن بالاتجاه الخطي عبر المادة التي سمكها (dx) والفرق بين درجة حرارة وجهيها (d T) بالمعادلة التالية:

$$\frac{dQ}{dt} = -KA \cdot \frac{dT}{dx}$$

فإذا كان الجسم على شكل اسطوانة منتظمة المقطع (A) وبطول (اوسمك) يساوي (d) لاحظ شكل (2). وكانت درجة حرارة احد طرفيها تساوي (71) اعلى من درجة حرارة طرفها الاخر (T2)، بتطبيق المعادلة (1) لإيجاد كمية الحرارة منتقلة في وحدة الزمن وفي حالة الاتزان الحراري يكون :

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{KA(T_1 - T_2)}{d} \dots \dots \dots (2)$$

لحساب (k) تحسب (dQ/dt) برسم منحنى التبريد للقرص الصلب . ففي حالة الاتزان الحراري تكون كمية الحرارة التي يستلمها القرص الردي في التوصيل من القرص العلوي في الثانية الواحدة مساوية لكمية الحرارة التي يشعها القرص السفلي الصلب في الثانية الواحدة. فإذا كانت كتلة القرص الصلب (m) وحرارته النوعية (c) كانت :

$$\frac{dQ}{dt} = m c \frac{dT}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

(dT / dt) تمثل ميل المنحنى في درجة حرارة (T₂).

من المعادلة (2) و (3) يمكن حساب (k) ، وتقدر قيمتها في النظام الدولي بوحدة (واط / متر درجة حرارية)، حيث تكون وحدات المقادير الواردة كما يلي :

d متر ، A متر² درجة كلفن (او درجة مئوية) ، ، c جول /كغم. درجة حرارية سيليسية) t ثانية ، Q جول.

العمل:-

1) زن القرص السفلي (الصلب) وقس قطره بواسطة القدمة ثم قس سمك القرص المطلوب تعيين معامل التوصيل الحراري له مستخدما المايكرومتر ومن نقاط عديدة .

(2) علق الجهاز (راجع شكل -1) ومرر البخار من الفتحة العليا مدة كافية من الزمن الى ان تحصل على حالة الاتزان حيث تثبت قراءتي المحرارين (بعد فترة 30 - 60 دقيقة).
سجل هاتين القراءتين.

واستبدل المحرارين كل بمحل الآخر مسجلا قراءة أخرى للمقدارين (T_2, T_1)

(3) ارفع القرص المجوف (العلوي) تاركاً القرص الرديء التوصيل للحرارة فوق القرص الصلد (السفلي) ثم سخن الاخير بواسطة لهب بنزن إلى حوالي 10 درجات اكثر من قراءة المحرار (T_2) كن حذرا بحيث لا تسرف في التسخين حتى لا يتحطم المحرار).

(4) دع القرص يبرد حتى تصبح درجة حرارته حوالي 10 درجات اقل من (T_2) مسجلا درجة حرارته بعد كل دقيقة.

(5) ارسم منحنى التبريد للقرص ممثلا قيم (T) على المحور الرأسي وقيم (t) المناظرة على المحور الافقي .

جد ميل البياني (dT / dt) في الدرجة الحرارية (T_2) مستخدما شريط مرآة مستوية لرسم المماس . عوض عن هذه القيمة في المعادلة (3) لحساب المقدار (dQ / dt) .
قيمة (k) من المعادلة (2) .

ملاحظة:

باستخدام قانون نيوتن في التبريد، يمكن كتابة المعادلة (3) على الوجه التالي :

$$\frac{dQ}{dt} = \text{constant} \cdot (T_2 - T_0)$$

تمثل (T_0) درجة حرارة المحيط .

او ان :

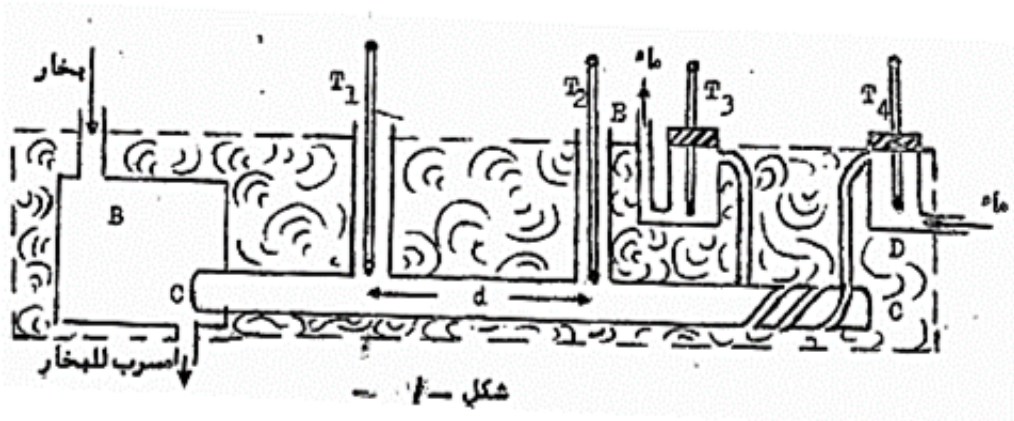
$$KA \frac{(T_1 - T_2)}{d} = \text{constant} \cdot (T_2 - T_0)$$

كيف يمكنك المقارنة بين معامل التوصيل الحراري لمادتين مختلفتين دون اللجوء الى اجراء الجزء الثاني من التجربة (رسم منحنى التبريد للقرص الصلب) ، اشتق المعادلة اللازمة.

اسئلة:-

1- لماذا يجب ان يكون سمك المادة العازلة قيد التجربة قليلا ؟

تجربة (23) تعيين معامل التوصيل الحراري لمادة جيدة التوصيل للحرارة بطريقة سيرل - Searles Method



الاجهزة المستخدمة:

جهاز معامل التوصيل الحراري لسيرل ، محارير اربعة ، اسطوانة مدرجة، ساعة توقيت .
غلاية، قدمة، مسطرة، جهاز المستوى الثابت.

يتكون الجهاز كما في شكل - 1 - من قضيب نحاسي على شكل اسطوانة (cc) يمثل المادة المطلوب تعيين معامل التوصيل الحراري لها. تتصل احدى نهايتيه بمستودع لبخار الماء (B) والنهائية الاخرى يلف عليها انبوب نحاسي يمر فيه الماء بمعدل ثابت من مستودع للماء (D) وتقاس درجة حرارة الماء الداخل الى الانبوب والخارج منه بمحاريرين T_3 و T_4 ، كما توجد في الجهاز فتحتان متجاورتان المسافة بينهما (d) وفيهما قليل من الزئبق للتأكد من حصول توصيل جيد، يوضع فيهما محاريران لقياس درجتي الحرارة ، T_1 و T_2 ويحاط الجهاز بغلاف عازل لمنع تسرب الحرارة من الجوانب.

النظرية:-

تعطى كمية الحرارة المنتقلة عبر القضيب الاسطواني في الثانية الواحدة في حالة الاتزان الحراري بالمعادلة التالية:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{KA (T_1 - T_2)}{d} \dots \dots \dots (1)$$

d تمثل طول القضيب و A مساحة مقطعه العمودي على انتقال الحرارة ، T_1 و T_2 درجة حرارة طرفيه وبفرض ان T_1 اعلى من T_2

لتعيين قيمة (k) معامل التوصيل الحراري للنحاس يجب حساب (dQ/dt) ففي حالة الاتزان الحراري تصل هذه الكمية من الحرارة في الثانية الواحدة الى الطرف البارد فاذا امرر تيار ماني بمعدل جريان يساوي (m) فانه سيسخن من درجة حرارة (T_4) الى درجة حرارة (T_3) اي ان :

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = m c (T_3 - T_4) \dots \dots \dots (2)$$

s تمثل الحرارة النوعية للماء .

تقدر (k) في النظام الدولي بوحدة (واط /متر . درجة حرارية)، حيث تكون وحدات المقادير المقاسة والواردة كما يلي:

d متر ، A متر² - T كلفن (او منوي) ، t ثانية ، Q جول ،

c جول / كغم درجة (للماء = 4,186 جول / كغم • درجة حرارية سيليسية).

العمل:-

(1) مرر بخار الماء إلى المستودع (B) من الغلاية . اوصل المستودع (D) بتيار ماء ذا معدل جريان ثابت لاحظ وجود جهاز المستوى الثابت المربوط بين الصنبور والمستودع (B)، ثم لاحظ ثبوت كمية الماء المتدفقة من الفتحة (E) كما يجب ان يكون هذا التدفق بطينا . انتظر فترة من الزمن الى ان تحصل على حالة التوازن (Steady State) وذلك عندما تثبت

- قراءات المحارير الأربعة . سجل هذه القراءات ولتكن (T_1, T_2, T_3, T_4) حصل على قراءة أخرى لهذه الدرجات باستبدال المحارير T_1 و T_2 و كل بمحل الآخر وكذلك T_3, T_4
- (2) جد عندئذ كمية الماء (m) المتدفقة من الفتحة (E) في الثانية الواحدة وذلك بجمع كمية منه في اسطوانة مدرجة خلال فترة من الزمن مستخدماً ساعة التوقيت • اعد تعيين (m) ثلاث مرات ثم جد المتوسط .
- (3) مستخدماً القدمة قس قطر القضيب النحاسي وكذلك المسافة (d) بين المحارير T_1 و T_2
- (4) جد (dQ / dt) من العلاقة (2) ثم عوض عنها في المعادلة (1) لحساب (k)

ملاحظة :

هنالك نموذج لجهاز سيرل يتم التسخين فيه كهربائياً فيمكن قياس كمية الحرارة المنتقلة عبر الساق في وحدة الزمن باخذ قراءات عند الطرف الساخن للساق . فإذا كان التيار المار في سلك التسخين يساوي (I) وفرق الجهد بين طرفيه (V.I) فكمية الطاقة الكهربائية المصروفة في الثانية الواحدة تساوي (V_1) ، ففي حالة الاتزان يمتص الماء عند الطرف البارد من الساق هذه الطاقة في الثانية هذا اذا لم يحصل فقدان للطاقة عن طريق اخر (عن جوانب الساق وبطريقة الاشعاع) ولما كان هذا واردا مهما كان العزل جيداً ودليل ذلك أن استخدام القيم عند الطرف الساخن يعطي قيمة اعلى لـ k بينما استخدام قياسات الماء الجاري عند الطرف البارد يعطي قيمة أقل لـ k ، الا ان معدلها يعطي قيمة افضل من القيمة التي تحصل عليها في الجهاز الوارد اعلاه .

اسئلة:-

- (1) ما هو اكثر مصدر للخطاء في هذه التجربة ؟
- (2) ما المقصود بالحالة المتزنة والغير المتزنة في السريان الحراري ؟

تجربة (24) السعة الحرارية - Heat capacity

الغاية من التجربة:-

- 1- حساب السعة الحرارية للماء .
- 2- حساب السعة الحرارية لسائل مجهول باستخدام سعة حرارية لمادة معلومة.
- 3- حساب السعة الحرارية لمادة صلبة مثل المعادن

تمهيد نظري:

يختلف المعنى الفيزيائي لكمية الحرارة التي تدخل في جسم مادي عن الدلالة الفيزيائية لدرجة الحرارة المقاسة، ولا يبدأ الجسم بالسخونة إلا بعد أن يأخذ طاقة حرارية بقدر سعة المادة المستعملة من الحرارة، وكلما زادت كمية المادة لزم كمية حرارية أكبر لرفع درجة حرارتها، وهذا ما نسميه بالسعة الحرارية . تعرف السعة الحرارية لمادة ما بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة مئوية واحدة، تؤخذ قريبة من درجة حرارة الغرفة. ونقدها بالوحدة J/K أو [cal/c°]

تتغير السعة الحرارية للمواد وخاصة الموانع و الغازات بتغير درجة الحرارة وتغير الضغط. وهذا التغير يتبع علاقات تجريبية بعضها معروف كما في حالة الماء وبخار الماء وما شابه. أما من أجل الأجسام الصلبة فإن السعة الحرارية لها تكون ثابتة في درجات الحرارة المرتفعة و تساوي السعة الحرارية المولية الى المقدار :

$$C_m = 3R = 25 \text{ J/mol.K}$$

(وهي السعة الحرارية من أجل مول واحد من المادة و هي مستقلة . عن نوع المادة) و هذه العلاقة تعرف بقانون دولنغ - بتي.

لرفع درجة حرارة الجسم يجب اعطاؤه كمية من الحرارة (طاقة حرارية)، و هذه الكمية عادة تكون متناسبة مع مقدار تغير درجة حرارة الجسم، وبالتالي يمكن التعبير عن ذلك رياضياً بالعلاقة

$$\Delta Q = C \Delta T \dots \dots \dots (1)$$

حيث ΔT - مقدار تغير درجة حرارة الجسم مقدرة ب K° أو C° و ΔQ كمية الحرارة اللازمة لتغيير حرارة الجسم بالمقدار ΔT . أما معامل التناسب بينهما C - فإنه يتعلق بالمادة المدروسة، و يدعى بالسعة الحرارية للمادة

وبالتالي نستطيع تعريف السعة الحرارية للمادة وفقا للعلاقة (1) بأنها حاصل قسمة كمية الحرارة (المنتقلة الى الجسم) ΔQ على مقدار تغير درجة حرارته ΔT . أي ان C هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة تلك العينة بمقدار درجة سيليسية واحدة.
أو بالعلاقة :

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \dots \dots \dots (2)$$

من المعلوم أنه عند مزج سائلين مختلفين بدرجة حرارتيهما سوف يحدث بينهما توازن حراري بعد فترة زمنية محددة و بالتالي يصبح للمزيج درجة حرارة واحدة و لتكن T_m . فإذا فرضنا أن درجة حرارة السائل الساخن الأول هي T_1 و درجة حرارة السائل الثاني الأقل حرارة هي T_2 . فإن كمية الحرارة المنتقلة من السائل الساخن الى السائل البارد تعطى بالعلاقة:

$$Q_1 = C_1 (T_1 - T_m) \dots \dots \dots (3)$$

أما كمية الحرارة الممتصة من قبل المادة الباردة تعطى بالعلاقة:

$$Q_2 = C_2 (T_m - T_2) \dots \dots \dots (4)$$

وعند حدوث التوازن الحراري بينهما تكون المعادلتان (3) و (4) متساويتين ، إذ نستطيع أن

نكتب :

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_m - T_2}{T_1 - T_m} \dots \dots \dots (5)$$

فعند معرفة السعة الحرارية للمادة العيارية ولتكن الماء مثلاً، نستطيع حساب السعة الحرارية لأي مادة أخرى باستخدام المعادلة (5)

من المعلوم أن الطاقة الحرارية التي نقدمها للجسم يمكن حسابها من خلال الطاقة الكهربائية المستخدمة و التي يمكن حسابها من العلاقة:

$$E=V.I.t.....(6)$$

حيث V فرق الجهد المطبق بين طرفي المقاومة التي تعطي الحرارة للمادة المدروسة و I - شدة التيار المار في الدائرة t - زمن تسخين المادة المدروسة بمقدار ΔT درجة . و بالتالي نستطيع باستخدام المعادلتين (1) و (6) أن نكتب:

$$V.I.t-C\Delta T.....(7)$$

إذ نستطيع من هذه المعادلة حساب السعة الحرارية بالعلاقة:

$$C = \frac{V.I.t}{\Delta T} \dots \dots \dots (8)$$

حيث تقدر C في هذه العلاقة بـ $J / ^\circ K$. أما إذا أردنا أن نقدر السعة الحرارية بوحدات :

كالوري درجة عندها تصبح المعادلة (8) بالشكل:

$$C(\text{cal./}^\circ K) = \frac{0.24V.I.t}{\Delta T} \dots \dots \dots (9)$$

يحتاج إجراء التجربة إلى تجهيزات خاصة بهدف عدم ضياع كمية الحرارة المدروسة أو

ضياعها في المواد. وأكثر الأجهزة استعمالاً في هذه الحالة هو المسعر

ملاحظة: علماً إذا كانت قيم Q , ΔT موجبة فإن الطاقة تنتقل الى النظام ، العكس بالعكس.

2- الأدوات والاحزمة المستخدمة:

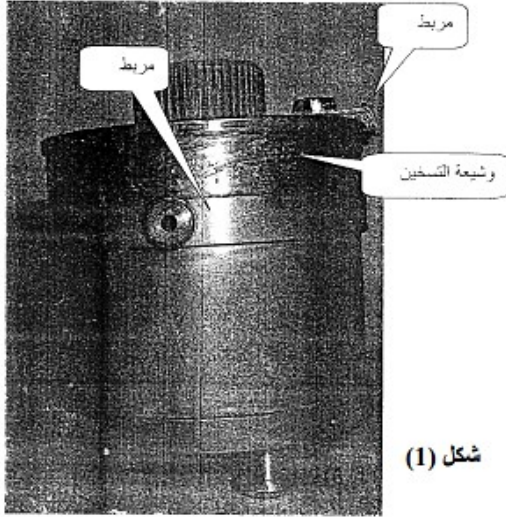
- 1 - مسعر مجهز بوشية تسخين مقاومة أومية) كما في الشكل (2).
- 2 - مقياس درجة حرارة رقمي متعددة القنوات الشكل (6) أو زئبقي.
- 3 - وحدة تغذية كهربائية بتوتر منخفض.
- 4 - عدة حواضن معدنية سميكة ألومنيوم ونحاس ذات تجويف مجهز لحضن مجس حراري، ويتسع لعدة غرامات من الماء، وعلى جداره الخارجي وشية للتسخين الشكل (1).
- 5 - سائل مجهول لحساب سعته الحرارية (الكحول).

3- مراحل العمل:-

أولاً: حساب السعة الحرارية للماء.

1. خذ كمية من الماء (50 ml = 50 g) بالوزن أو بالأنبوب المدرج.

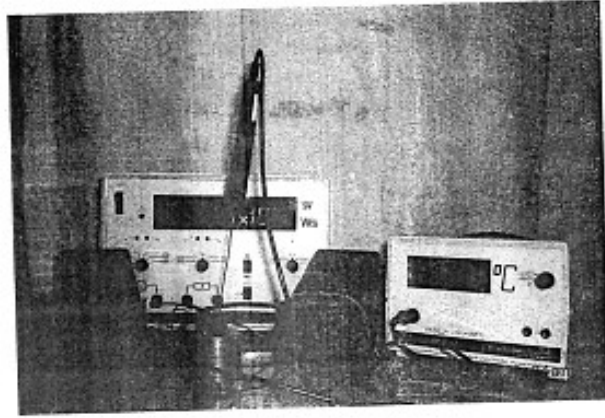
2. ضع الماء في وعاء المسعر (الوعاء الداخلي للمسعر) الشكل (2) ، ثم ضع غطاء الوعاء الداخلي الذي يحتوي على وشية التسخين مع حلقة التحريك فوق الوعاء الداخلي بحيث يغمر السائل الوشية (إذا لم يتحقق ذلك قم بزيادة كمية الماء المستخدم).





شكل (2) اجزاء المسعر المستعمل

3. صل المقاومة (وشيعة المسعر) إلى وحدة تغذية متغيرة الجهد، عن طريق مقياس أمبير موصول على التوالي مع المسعر لقياس شدة التيار في الدائرة I. و مقياس فولط موصول على التوازي بين طرفي المسعر لقياس الجهد المطبق عليه V.
4. شغل مقياس درجة الحرارة الرقمي أو استعمل ميزان الحرارة الزئبقي (الثرمومتر).
5. سجل درجة حرارة الماء الموجود في المسعر قبل بدء التسخين و لتكن .
6. ابدأ بتغذية المقاومة (الوشيعة) بالتيار الكهربائي، و ابدأ بتعيير الزمن وانتظر إلى أن تصبح درجة حرارة الماء T_2 ، بحيث تكون $T_2 > T_1$ بحوالي أربع درجات، وأثناء ذلك سجل قراءة مقياس الأمبير وكذلك قراءة مقياس الفولط و سجل النتائج في الجدول (1)



شكل (3) : وصل المسعر الى أجهزة التجربة

7. احسب السعة الحرارية للماء من العلاقة (8).
8. أعد التجربة مرة أخرى من أجل وزن ماء مختلف (100 - 150 - 200 g) وضع النتائج في مكانها من الجدول (1) و قم بحساب السعة الحرارية لكل حالة من العلاقة (8) .

الجدول (1)

رقم التجربة	وزن الماء m(g)	درجة الحرارة الابتدائية T_1	درجة الحرارة بعد التسخين T_2	تغير درجة الحرارة $\Delta T = T_2 - T_1$	زمن التسخين t(s)	الجهد V بالفولط	التيار I بالأمبير	الطاقة الكهربائية $P=V I t$ (J)	السعة الحرارية C(J/K)

ماذا تستنتج من قيم السعة الحرارية المحسوبة في الجدول (1)؟

ثانياً - حساب السعة الحرارية لمادة سائلة مجهولة بمزجها مع مادة معلومة.

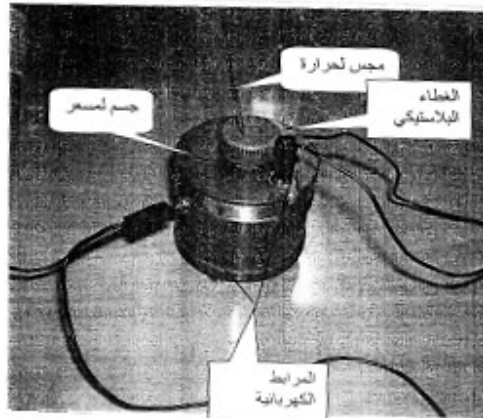
1. ضع 100 غرام من الماء في وعاء المسعر (الوعاء الداخلي للمسعر) ، ثم ضع غطاء الوعاء الداخلي الذي يحتوي على وشيعة التسخين مع حلقة التحريك فوق الوعاء الداخلي بحيث يغمر السائل الوشيعة .

2. سخن هذه الكمية من الماء حتى الدرجة $T_1 = 40^\circ \text{C}$.

3. خذ كمية من المادة المجهولة ولتكن 25 غرام ودرجة حرارتها T_2 مساوية الى درجة حرارة المختبر .

4. أضف المادة المجهولة إلى الماء الموجود في الوعاء الداخلي للمسعر وحرك المزيج حتى ثبات درجة حرارة المزيج، سجل هذه الدرجة ولتكن T_m . استخدم العلاقة (5) لحساب السعة الحرارية للمادة المجهولة، على اعتبار أن السعة الحرارية للماء معلومة من الفقرة السابقة. ثالثاً- قياس السعة الحرارية لمادة صلبة .

لا يتغير تعريف السعة الحرارية عند استخدام مادة صلبة، ولكن المادة الصلبة ذات سعة حرارية أقل بمراتب من الموائع مما يدعو إلى استخدام إجراءات عزل وأجهزة قياس أكثر دقة. في التجربة الحالية لدينا ثلاث اسطوانات من الألمنيوم والنحاس مختلفة في الطول. جدار الأسطوانات ثخين وفيه تجويف صغير للماء لوضع المجس الحراري أو المقياس الزئبقي. وعلى الجدار الخارجي وشيعة كهربائية بهدف التسخين الشكل (4).



الشكل (4) : مخطط المسعر المستخدم

و لإجراء العمل التجريبي اتبع ما يلي:

- 1- افتح الأسطوانة من غطاءها البلاستيكي بالفتل وانزع العازل، تعرّف إلى داخل التجويف في الداخل فهو صغير ويتسع للقليل من الماء فقط، ستجد في قعره ثقب صغير مخصص لوضع المجس الحراري الشكل (4).
- 2- ضع قليلاً من الماء في التجويف وسجّل كميتها من الأنبوب المدرج الذي تصب منه الماء، وهي كمية يمكن إهمال ما تأخذه من حرارة.
- 3- صل مقبس الوشيعية على الأسطوانة إلى وحدة التغذية جهد منخفض باستخدام أسلاك الوصل الخاصة.
- 4- صل جهاز قياس فرق الجهد على التوازي، ومقياس أمبير على التوالي كما في الشكل (5). هذا إذا لم يتوفر مقياس قدرة .
- 5- طبق على الوشيعية جهداً حوالي 20 V
- 6- عند بدء مرور التيار الكهربائي في الوشيعية أي في الزمن $t = 0$ تكون درجة حرارة الاسطوانة المدروسة $T_1 = T_0$ (درجة حرارة الجو).
- 7- قم بتسجيل درجة حرارة الأسطوانة بعد 30 ثانية.
- 8- احسب الطاقة الكهربائية E من العلاقة (6) .
- 9- احسب السعة الحرارية للأسطوانة المدروسة من العلاقة :

$$E = (C_k + C_w + C_t). \Delta T$$

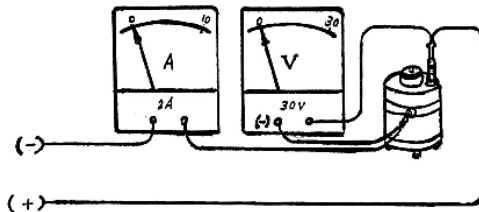
C_k - السعة الحرارية للأسطوانة المدروسة .

C_w - السعة الحرارية لغرام واحد من الماء

$$C_w = 4.2 \text{ J/K}$$

C_t - السعة الحرارية لمقياس الحرارة (يمكن

إهماله وللمقياس الزجاجي وهي حوالي 5 J/K



شكل (5) ربط المسعر بالدائرة الكهربائية

10- كرر العمل السابق من أجل الاسطوانات الأخرى وضع النتائج في الجدول (2).

$T_1 = T_0 (C^\circ)$						
E (J)	J/kg.k	$\Delta T = T_2 - T_0$	$T_2 [C^\circ]$	t[s] زمن تسخين المسعر	نوع اسطوانة المسعر	رقم التجربة
						1
						2
						3

جدول (2)

11- سجل ملاحظاتك حول السعة الحرارية للمواد الصلبة والسائلة.

12- احسب الارتياح في حساب السعة الحرارية للمادة الصلبة .

السعة الحرارية heat capacity لعينة من مادة ما تعرف على انها كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة تلك العينة بمقدار درجة سيليسية واحدة. من هذا التعريف نجد انه اذا احدثت كمية من الحرارة Q ارتفاعا في درجة الحرارة قدره ΔT عندئذ

السعة الحرارية

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

الحرارة النوعية C Specific heat لمادة ما هي السعة الحرارية لوحدة الكتلة ومن ثم فان كمية الطاقة Q المنقولة بالحرارة الى كتلة من المادة m لتغير من درجة حرارتها بمقدار ΔT عندئذ تكون الحرارة النوعية للمادة هي :

الحرارة النوعية

$$C = \frac{Q}{m \Delta T}$$

تجربة (25)

الحرارة النوعية - Specific heat

الغاية من التجربة :- قياس الحرارة النوعية لمواد صلبة

تمهيد نظري:-

عند تقديم كمية من الحرارة Q لجسم ما فإن درجة حرارته ترتفع بمقدار ΔT إن نسبة Q على ΔT تسمى بالسعة الحرارية للجسم ويرمز لها ب C أي أن :

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \dots \dots \dots (1)$$

وحداتها هي الجول/ درجة حرارة سيليسية .

وإذا كانت $\Delta T = 1$ فإن السعة الحرارية عندئذ هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

إذا كانت كتلة الجسم هي m فإن نسبة السعة الحرارية على الكتلة m تسمى بالسعة الحرارية النوعية أو اختصارا بالحرارة النوعية والتي تعرف على انها = كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة وحدة كتلة المادة درجة واحدة .

$$C = \frac{Q}{m\Delta T} \dots \dots \dots (2)$$

ومن هذه العلاقة نكتب :

$$Q = cm. \Delta T = cm (T_2 - T_1) \dots \dots (3)$$

ووحدة الحرارة النوعية $J/kg.c^\circ$.

يمكن قياس الحرارة النوعية للمواد عن طريق استخدام المسعر المائي الذي هو عبارة عن وعاء معدني ذي جدران رقيقة A ومزود بغطاء يمر منه ميزان حرارة B و عادة يحاط المسعر بغلاف عازل للحرارة D انظر الشكل (1)

والطريقة المتبعة لقياس الحرارة النوعية لمادة صلبة هي التالي :

تسخن كتلة محددة m_s من المادة التي يراد قياس حرارتها النوعية في فرن أو حمام بخاري ولتكن درجة حرارة المادة بعد التسخين T_s ، وحرارتها النوعية المطلوب قياسها C_s وإذا كانت كتلة المسعر m وحرارته النوعية c وكتلة الماء داخل المسعر m_1 ودرجة الحرارة الابتدائية للمسعر مع الماء الموجود فيه T_1 بعد وضع المادة الصلبة في المسعر تصبح درجة حرارة التوازن T_0 .

وحسب قانون حفظ الطاقة يمكن أن نكتب :

$$m_s c_s (T_s - T_0) = m_1 \times 1 (T_0 - T_1) + mc (T_0 - T_1)$$

$$(4) m_s c_s (T_s - T_0) = (m_1 + mc) (T_0 - T_1) \dots \dots \dots (4)$$

علما بأن : الحرارة النوعية للماء $4186 \text{ J /kg.c}^\circ$

يمكن من هذه العلاقة حساب C_s ، حيث إن جميع عناصر العلاقة معلومة

ملاحظة : يمكن أن تعد mc في العلاقة (4) تكافئ زيادة كتلة الماء بالقدر me لذا يسمى هذا المقدار بالمكافئ المائي للمسعر

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

(1) حمام مائي يحتوي على فتحتين الأولى لوضع ترموميتر والثانية توجد في منتصف الوجه العلوي للحمام المائي لوضع الأسطوانة النحاسية ، حيث أن هذه الأسطوانة مفتوحة من الطرفين واحدهما مائل بزاوية 450 لوضع المادة الصلبة المراد قياس حرارتها النوعية .

(2) ترموميتر

(3) ميزان عادي

(4) كرات صلبة (زجاج ورصاص)

(5) مخلط زجاجي (لخلط الماء مع الكرات من اجل التوازن الحراري) .

مراحل العمل :-

- 1- املأ الحمام المائي بالماء حتى منتصفه تقريبا
- 2- زن الوعاء الداخلي للمسر فارغا ولتكن كتلته m غرام، ثم املأ الوعاء الداخلي من المسر نحو ثلثه ماء وزنه من جديد ولتكن كتلته مع الماء m_2 غرام فتكون كتله الماء الذي بداخله m_1 أي :

$$m_1 = m_2 - m$$

- 3- ضع كمية لا تقل عن 20 غ من كرات الرصاص في الأسطوانة ولنرمز لها m_s . ثم ضعها في الحمام المائي مع الانتباه إلى وضع الأسطوانة داخل الحمام المائي بحيث يكون وجهها المائل من الداخل حتى لا تسقط الكرات المدروسة من فتحة الحمام المائي.

- 4- ضع ميزان الحرارة داخل الحمام المائي بالمكان المحدد له A داخل السدادة المطاطية .

- 5- سخن الكرات الصلبه لفترة كافيه داخل الحمام حتى تستقر درجة الحرارة عند t_s
- 6- قس درجة حرارة الماء في الوعاء الداخلي للمسر بعد التخليط جيدا ولتكن t_1 (وهي درجة حرارة الماء ووعاء المسر قبل إدخال الكرات المسخنة إليه).
- 7- ضع الوعاء الداخلي للمسر تحت ثقب علبة الحمام المائي ثم أدر الأسطوانة B حتى تسقط الكرات الساخنة داخل المسر بسرعة وحرك جيدا المزيج وسجل درجة حرارة التوازن ولتكن t_0

- 8- احسب الحرارة النوعية للمادة الصلبة c_s بالتعويض في العلاقة (4) مع العلم بأن السعة الحرارية النوعية لمادة المسر هي: $C = 0.09$ كالوري / غرام. درجة مئوية لمادة الألمنيوم

$$C = 0.22 \text{ كالوري / غرام درجة مئوية لمادة النحاس}$$

- 9- نظم نتائجك في جدول كالتالي: علما [1 cal = 4.186]

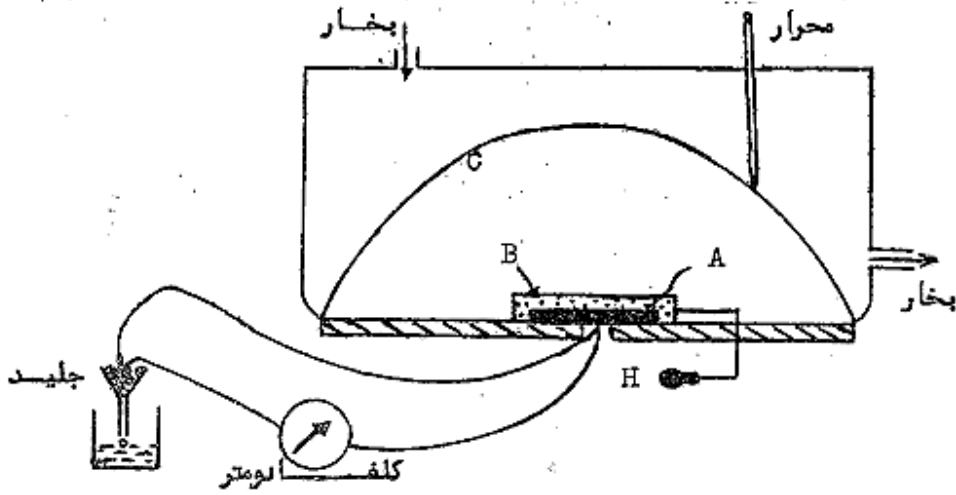
رقم التجربة	m_s غرام	m_2 غرام	الدرجة	m غرام	T_1 درجة مئوية	T_o درجة مئوية	كالوري c غرام × درجة مئوية
1							
2							
							القيمة الوسطية

10 - احسب الارتياح والأخطاء المرتكبة في قياس الحرارة النوعية c من العلاقة (4)

11 - أعد التجربة السابقة من أجل كرات الزجاج مراعي المراحل كافة

تجربة (26)

تعيين ثابت ستيفان في الاشعاع الحراري - Stefan constant



شكل (1)

الاجهزة المستخدمة :-

قرص فضي صغير (A) سطحه الا على مسود يربط من مركز وجهه ألا خر طرف مزدوج حراري ، كلفانومتر حساس ، قطعة من اسبستوس ، سطح معدني (c) على شكل نصف كرة (قطرة حوالي 30 سم) مسود من الداخل يثبت في صندوق خشبي مبطن من الداخلي بالقصدير ومزود بثلاثة فتحات اثنان منها لد خول وخروج البخار والآخر لتثبيت محرار يقيس درجة حرارة السطح المعدني (c).

النظرية : -

ينص قانون ستيفان (Stefan ' s Law) على ان مقدار الطاقة المشعة لوحدة الزمن ولوحدة المساحة للجسم الاسود (black body) يتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة

$$R = \sigma T^4 \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma = 56.697 \frac{\text{نانو واط}}{\text{متر}^2 \left(\text{درجة } k \right)^4}$$

ثابت التناسب (σ) يدعى بثابت ستيفان او ثابت الاشعاع وافضل قيمة لهذا الثابت هي 56.697 نانو واط / (متر² . درجة كلفن⁴).
او .

$$\sigma = 7.564 \times 10^{-16} \frac{J}{m^3 k^4}$$

فاذا اخذ جسم اسود درجة حرارته المطلقة (T) واحيط بغلاف enclosure درجة حرارته المطلقة (T_1) اعلى من (T) فان مقدار الطاقة الكلية التي يكتسبها الجسم في وحدة الزمن ولوحدة المساحة من سطحه تعطى بالمقدار (R) ، اي ان :

$$R = \sigma(T_1^4 - T^4)$$

فاذا كانت مساحة الجسم (A) كانت مقدار الطاقة المكتسبة في وحدة الزمن

$$E = \sigma A(T_1^4 - T^4) \dots \dots \dots (2)$$

ملاحظة : اذا كان $T \approx T_1$ فإن قانون ستيفان سوف يؤول الى قانون نيوتن للتبريد

العمل:

(1) رتب الجهاز كما هو مبين في شكل 1 . يمثل (A) القرص الفضي سطحه الأعلى مسود اما سطحه الاسفل فيتصل ومن مركزه بطرف مزدوج حراري اما الطرف الآخر من المزدوج فيوضع في خليط من الثلج والماء .

يغطي السطح العلوي للقرص بقطعة من الاسبستوس (B) قابلة للانسحاب بواسطة مقبض (H) أما السطح الكروي (C) فيحيط بالقرص (A) وبعاذله (B) . مرر البخار من الصندوق الخشبي وضع المحرار (T) بحيث يمس مستودعه السطح (C).

(2) اربط دائرة المزدوج الحراري بكلفانومتر حساس ويفضل تدريج الكلفانومتر لدرجات الحرارة قبل البدء بالتجربة.

ارفع طرف المزدوج من جريش الثلج والماء وضع بدله ماء . سخن الماء ببطء ، اقرء الانحراف الحادث للكلفانومتر بمراحل (كل 10 درجات مئوية مثلا) مع بقاء الجسم (A) مغطى . ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم قراءة الكلفانومتر وقيم درجة الحرارة المناظرة . استخدم هذا البياني فيما بعد لتحويل كل انحراف للكلفانومتر الى درجة حرارة .

(3) ضع طرف المزدوج الحراري في مسعر يحوي على جريش الثلج والماء ومرر البخار إلى غرفة التسخين وانتظر حتى تثبت قراءة المحرار (T_1) عندها ارفع قطعة الأسبستوس بواسطة المقبض (H) وخذ مجموعة من القراءات لانحراف الكلفانومتر مع الزمن (كل $\frac{1}{2}$ دقيقة مثلا)، رتب قراءاتك في الجدول المبين ادناه.

(4) جد كتلة القرص الفضي (M) وسجل حرارته النوعية (c) من الجداول

(5) استخدم البياني المرسوم في الفقرة (2) من العمل لتدريج درجات الحرارة المناظرة لانحراف الكلفانومتر في الفقرة (3) من العمل . ادرج القيم المستحصلة في الجدول نفسه .

(6) أرسم تخطيطا بيانيا بين قيم درجة الحرارة للقرص والزمن جد ميل البياني الناتج . ان مقدار الحرارة التي يكتسبها القرص الفضي في الثانية الواحدة تعطي بالعلاقة :

$$E = Mc \, dT / dt$$

بالتعويض في المعادلة (2) عن (E) يمكن حساب ثابت الاشعاع .

انحراف الكلفانومتر	الزمن	درجة الحرارة

تجربة (27)

تمدد الماء

- Expansion of Water-

الغاية من التجربة :

استخدام قنينة الكثافة

(1) لدراسة تغير كثافة الماء مع درجات الحرارة .

(2) لتعيين معامل التمدد الحجمي للماء في درجات الحرارة المختلفة .

النظرية :-

إذا اخذنا كتلة معينة من الماء (m) حجمها (V_1) وكثافتها (ρ_1) في درجة حرارة (t_1) ثم رفعنا درجة حرارته الى (t_2) فالحجم يصبح (V_2) والكثافة (ρ_2)، اما الكتلة فلا تتغير اي ان :

$$m = v_1 \rho_1 = v_2 \rho_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$V_2 = v_1 |1 + \alpha (t_2 - t_1)| \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان α تمثل معامل التمدد الحجمي للماء من هاتين المعادلتين ينتج ان

$$\rho_1 = \rho_2 |1 + \alpha (t_2 - t_1)|$$

العمل :-

1- اغسل القنينة جيذا وجففها ثم زنّها .

2 - املاء القنينة بالماء الذي تتراوح درجة حرارته بين (3 - 7°) م ثم جد وزنها (يمكن اعتبار كتلة الماء الذي يملأ القنينة في هذه الدرجة المقاربة لـ 4 م مساوية عددياً الى حجم القنينة في هذه الدرجة لان كثافة الماء في درجة 4 م = اغم/سم³).

3 - فرغ القنينة ثم اغمرها في مسعر يحتوي على ماء في درجة حرارة المختبر، املاء القنينة من هذا الماء وهي فيه، سجل درجة حرارة الماء ، ارفع القنينة وجففها من الخارج جيذا ثم زنّها .

4 - ضع القنينة في مسعر يحتوي على ماء في درجة حرارة المختبر ثم سخن إلى درجة 40 م ، املاء القنينة من هذا الماء وهي فيه ، سجل درجة حرارة الماء . ارفع القنينة وجففها من الخارج جيدا ثم زنها .

5- كرر الخطوة (4) في درجة 60 ، 80 ، 100 م .

الحسابات :

1- احسب حجم القنينة الزجاجية في درجات الحرارة 40:20 ، 60 ، 80 ، 100م مستخدما العلاقة (2)، α

$$\text{للزجاج } C-1 = 25 \times 10^{-6}$$

2- احسب كثافة الماء في كل من در الحرارة الواردة في الخطوة (1)، وذلك بقسمة كتلة الماء الذي يملئ القنينة في تلك الدرجة على حجم القنينة المحسوب بنفس الدرجة .

3- احسب (معامل التمدد الحجمي للماء) مستخدما العلاقة (3) بين درجتي 4 - 20 ، 40 - 20 ،

40 - 60 ، 60 - 80 ، 80 - 100 ، ان معامل التمدد الحجمي بين درجتي 60 - 80 مثلا يمثل معامل التمدد الحجمي في درجة 70م ، وهكذا.

4- رتب نتائجك في جدول ك المبين ادناه

درجة الحرارة C^0	كتلة الماء كغم	حجم القنينة م ³	كثافة الماء كغم/م ³	معامل التمدد لحجمي م ⁻¹	درجة الحرارة C^0
					4
					20
					40

- 5- ارسم تخطيطا بيانيا يبين كيفية تغير كثافة الماء بتغير درجة الحرارة .
- 6- ارسم تخطيطا بيانيا يبين علاقة معامل التمدد الحجمي للماء مع درجة الحرارة .

الاحزمة المستعملة :-

قنينة كثافة ، محرار ، مصباح بنزن ، مسعر ، ميزان مع علبة ائقال ، ثلج .

اسئلة:

- 1- في اي من درجات الحرارة يكون مجال الخطاء اكثر ؟ ولماذا ؟ كيف يمكنك تلاقي ذلك ؟
- 2- اذا كانت كثافة الماء تتغير مع درجة الحرارة ، فهل يمكنك دراسة هذا التغير بدراسة القوة الصعودية التي يؤثرها الماء على جسم مغمور فيه ؟ اذا كان ذلك ممكنا فاشرح واستخرج القانون.

تجربة رقم (28)

دورة المحرك الحراري العكسية (المبرد) -

Throttling process (liquefaction of gases by means of a Joule-Kelvin effect (reciprocating engine)

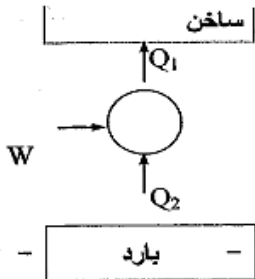
- الغاية من التجربة :-

- 1- حساب كفاءة المحرك اثناء عملية التبريد ودراسة تغيراتها.
- 2- قياس تغير الضغط P ودرجة الحرارة T في دورة مادة التبريد. 3
- دراسة تغيرات درجة الحرارة في الوسط المبرد والوسط المسخن כתابع للزمن.

تمهيد نظري:-

تنتقل الحرارة بصورة طبيعية من الجسم الساخن (ذي درجة الحرارة المرتفعة) إلى الجسم الأبرد (الأقل درجة حرارة، فإذا أردنا نقل الحرارة بالاتجاه المعاكس من الجسم البارد إلى الأسخن فإنه يتعين انجاز شغل من الجملة الخارجية إلى الجملة المدروسة أي أن هذه العملية لا تتم بصورة تلقائية. كما يحدث تماماً في حالة سقوط الماء من مستوى مرتفع إلى مستوى أخفض منه تلقائياً ودون تقديم عمل، لكن إذا أردنا نقل الماء من مستوى منخفض إلى أعلى فإنه يلزم انجاز شغل للماء لإنجاز ذلك، مثلاً كحمله بالأيدي أو باستخدام الناعورة أو الحبال أو مضخة (محرك كهربائي.... الخ.

نسمي عملية نقل الطاقة أو المادة من مستوى طاقي منخفض إلى مستوى طاقي مرتفع بالسخن. وبالمثل نسمي عملية نقل الحرارة من جسم بارد إلى ساخن بالسخن الحراري، وأشهر مثال نعرفه في حياتنا العملية اليومية هو البراد الذي يعتبر مضخة حرارية وظيفتها نقل الحرارة من داخل حجرة البراد إلى خارجها الأكثر سخونة .



الشكل (1)

يمثل مخطط عمل البراد بالمخطط التالي : ((علما ان الظاهرة تخضع الى القانون الثاني للثرموداينمكي الذي ينص : يستحيل على ماكنة ان تنتقل الحرارة من جسم الى اخر درجة حرارته اعلى - بدون ان ينجز شغل على تلك الماكنة))

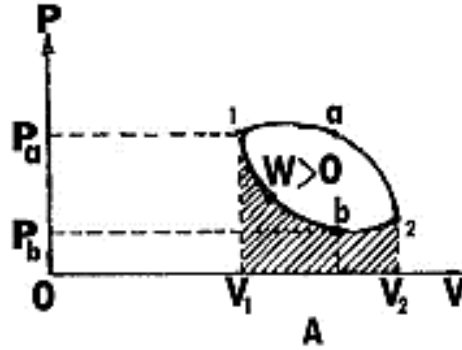
W - الشغل المبذول لضخ الحرارة من الوسط الساخن الى الوسط البارد.

Q_1 - كمية الحرارة المضافة الى الحجرة الساخنة.

Q_2 - كمية الحرارة المسحوبة من الحجرة الباردة .

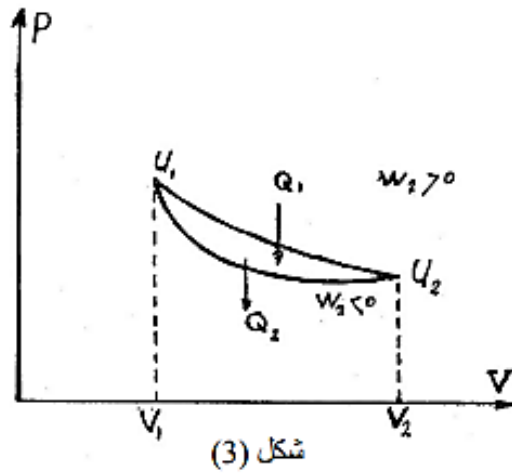
ملاحظة :- ستطلق على الطاقة الحرارية لوسط (كالغاز - سائل - صلب) بمصطلح الجملة الترموديناميكية .

ويعرف التحول الدوري بأنه التحول الذي تعود بنتيجته الجملة الترموديناميكية إلى حالتها الابتدائية عبر سلسلة من التحولات المتوازنة كما في الشكل (2)



الشكل (2)

وصفة الدورية تشترك فيها جميع التحولات الحرارية التي تجري في الآلات الحرارية. فإذا كانت الجملة الترموديناميكية (الغاز) تتمدد من الحجم V_1 الى الحجم V_2 ومن ثم تقلصت بالعكس من V_2 الى V_1 ، و ذلك بحسب الشكل (2) فان الشغل الكلي الناتج عن هذه الدورة يكون موجبا $W > 0$ لأن الشغل الناتج من التمدد أكبر من الشغل الناتج عن الانضغاط (التقلص) . و بالتالي نحصل من خلال هذه الدورة على شغل مفيد، قيمته مساوية الى مساحة سطح الدورة. من جهة ثانية، وخلال عملية التمدد تمتص الجملة طاقة حرارية قدرها Q_1 ، كما تطرح خلال عملية التقلص كمية من الطاقة الحرارية قدرها Q_2 : الشكل (3)



بحسب القانون الأول في الترموديناميك المعبر عنه بالعلاقة:

$$Q = \Delta U + W \dots \dots (1)$$

حيث ΔU تغير الطاقة الداخلية في تحول ما و Q كمية الحرارة المتبادلة و هي موجبة إذا أخذتها الجملة (المادة) و سالبة إذا أعطتها الجملة الى الوسط و W الشغل المبذول خلال التحول و هو موجب اذا انتقلت من الوسط الى المادة و بما أن المادة العاملة تعود إلى حالتها الابتدائية، فهذا يعني أن تغير طاقتها الداخلية معدوم أي $\Delta U = 0$ ، و بالتالي يصبح القانون الأول :

$$Q = W \dots \dots \dots (2)$$

لكن : $Q = Q_1 - Q_2$ ، فتصبح المعادلة (2) بالشكل:

$$Q_1 - Q_2 - W \dots \dots \dots (3)$$

و هذا المقدار موجب لأن $W > 0$ و بالتالي $Q_1 - Q_2 > 0$ أي : $Q_1 > Q_2$:

إن الدورة المعرفة وفق الشكل (2) و التي تتم وفق اتجاه دوران عقارب الساعة تسمى بالدورة الترموديناميكية المباشرة (الأمامية)، و ينتج منها شغل مفيد. وهذه الدورة تقوم عمليا بنقل الحرارة من المنبع الساخن الى المنبع البارد. وقد جرت العادة على تقدير كفاءة المحرك (الآلة) الحراري أو جودة عمله من خلال ما يعرف بمردود الدورة الترموديناميكية التي يتم انجازها فيه هذا المردود

يعرف بنسبة العمل المفيد خلال الدورة W الى كمية الحرارة الممتصة من المحيط Q_1 ، وفق الشكل (2) . و يعرف رياضيا بالعلاقة :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} \dots \dots \dots (4)$$

تبين المعادلة (4) أن المردود دوما أصغر من الواحد أي $\eta < 1$.

عند تنفيذ الدورة السابقة في اتجاه عكس دوران عقارب الساعة، يكون عمل الانضغاط أكبر من عمل التمدد عندها يجب بذل عمل خارجي على الآلة الحرارية لإتمام عملها. و في هذه الحالة سوف تنتقل كمية من الحرارة Q_2

من المنبع البارد إلى المستقبل الحراري الساخن. و كذلك ينتقل الشغل الخارجي المطبق على النظام الى المنبع الساخن و بالتالي نستطيع أن نكتب:

$$Q_1 = Q_2 + W \dots \dots \dots (5)$$

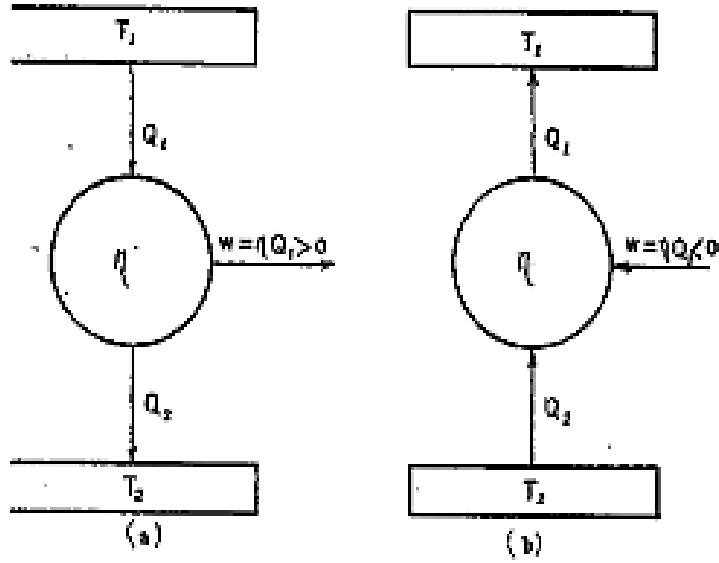
حيث $W < 0$ و كذلك $Q_1 < 0$ بينما $Q_2 < 0$. لكن $|Q_1| > |Q_2|$

مثل هذه الدورة تسمى بالدورة العكسية و هي الدورة المميزة لآلات التبريد.

تسمى فعالية (كفاءة) هذه الدورات بمعامل التبريد و نرسم له بالرمز ϕ و الذي يعرف بأنه النسبة بين كمية الحرارة المأخوذة من المنبع البارد Q_2 الى الشغل المبذول من الوسط الخارجي W ، أي:

$$\phi = \frac{Q_2}{W} \dots \dots \dots (6)$$

إن الرسم التخطيطي للآلات الحرارية التي تعمل في الاتجاه المباشر و الاتجاه العكسي مبينة في الشكل (4).

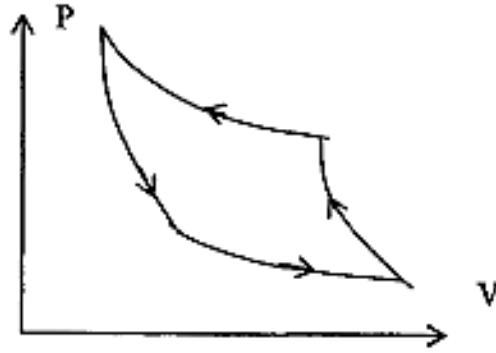


الشكل (4)

يمثل الشكل (4a) الدورة المباشرة التي تعمل بين المتبعين T_1 و T_2 ، حيث $T_1 > T_2$ ، بينما يمثل الشكل (4b) الدورة العكسية (التبريد) التي تعمل أيضا بين نفس المنبعين.

1 - دورة كارنو المثالية للبراد:

يعمل البراد أفضل ما يمكن إذا أجرينا تحولات مغلقة للمادة العاملة تمثل بمجموعها دورة تسحب الحرارة من خزان حراري بارد وتلقيها في خزان حراري ساخن بالنسبة للأول، ويتم ذلك بالاستفادة من انجاز شغل خارجي يقدمه الوسط المحيط للجملة التي تقوم بهذه الدورة. وأفضل نموذج لها هو دورة كارنو العكسية نفسها التي يمكن أن تعمل في الاتجاهين كبراد و محرك حراري حيث تقوم الجملة بتحويلين متساويين الدرجة وتحويلين كظومين كما في الشكل (5). وهذا الشكل يمثل دورة كارنو المثالية لمضخة حرارية (براد) .



شكل (5) دورة كارنو المثالية

يحدث في هذه الدورة انضغاط كظوم ثم انضغاط متساوي الدرجة و من ثم تمدد كظوم وتمدد متساوي الدرجة، حيث تعود الجملة إلى وضعها الابتدائي من جهة ثانية يمكن البرهان بسهولة على أن مردود الدورة الترموديناميكية المباشرة لكارنو يعطى بالعلاقة :

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \dots \dots \dots (7)$$

حيث T - درجة الحرارة المطلقة مقدرة بالكلفن. أما معامل التبريد لدورة كارنو العكسية فإنه يرتبط مع مردود الدورة المباشرة بالعلاقة :

$$\varphi = \frac{1}{\eta} - 1 \dots \dots \dots (8)$$

و منه فإن معامل التبريد يعطى بالعلاقة:

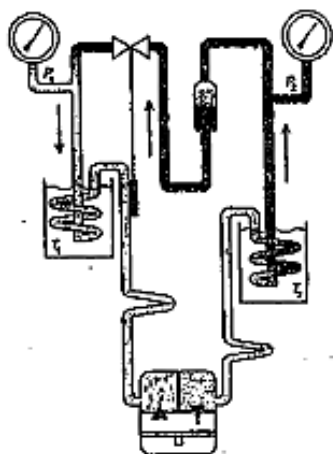
$$\varphi = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \dots \dots \dots (9)$$

حيث T_1 - درجة الحرارة المطلقة للمنبع الساخن T_2 درجة الحرارة المطلقة للمنبع البارد.

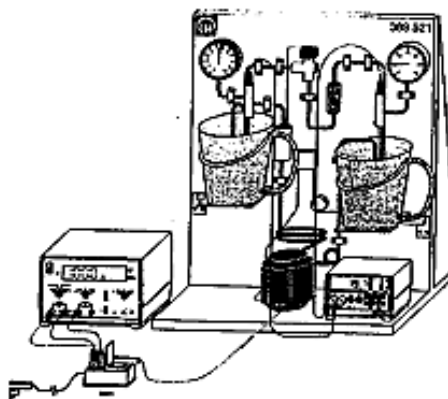
ملاحظة: يتم حساب المردود في هذه التجربة من العلاقة (9) فقط شريطة تقدير درجة الحرارة بالكلفن.

يقوم المحرك الضاغط الكهربائي بضغط الغاز العامل الفريون في البرادات القديمة (في شرطي التحويلين (كظوم + متساوي الدرجة)، وأثناء ذلك ينجز شغل مبذول على النظام W وتخرج كمية الطاقة T_1 . من المنبع البارد وتلقى في الوسط الخارجي (الخزان الساخن)، وبنتيجة هذين التحويلين يتميع الغاز العامل ، ثم يحدث التحويلين التاليين في خائق مؤلف من فتحة صغيرة و أنابيب ضيقة فنحصل على الغاز من ،جديد، ولكن أثناء تمدده يمتص حرارة من منطقة وجوده (وهي حجرة التبريد عادة)، فيبرد الخزان البارد أكثر ويتحول الفريون السائل إلى غاز مرة أخرى ويدخل الضاغط الكهربائي في دورة جديدة.

يقوم مبدأ عمل البراد على استعمال مادة غازية مناسبة تحمل التيار الحراري المنقول بين الوسط المدروس والوسط الخارجي (حجرة البراد وهواء ،الغرفة)، حيث يعمل المحرك الكهربائي على ضغط الغاز حتى يتميع فيفقد جزءا من طاقته الداخلية بالتحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة، يدخل السائل إلى حجرة البراد التي تسمح له بالتمدد من أنبوب ضيق إلى شبكة من الأنابيب ذات قطر أكبر ، مما يسبب ازدياد طاقة المادة داخل الأنابيب (بسحب كمية حرارة من غرفة البراد متحولا إلى غاز ثم يخرج من الحجرة ليضغطه المحرك من جديد (طاردا كمية من الحرارة إلى هواء الغرفة).



الشكل (7) اجزاء لوحة المضخة الحرارية (البرد)



الشكل (6)

يبين الشكل (6) مخطط التجربة المطلوب تنفيذها لدراسة هذه العملية، والتي تسمح بإجراء الحسابات اللازمة البنية الأساسية للمضخة الحرارية هي محرك ضاغط)، (شبكة نقل الغاز العامل) (مشعات حرارية)، (أدوات قيادة ومراقبة). يبين الشكل (7) الأجزاء التي تتألف منها المضخة الحرارية على لوحة التجربة والشكل (8) يبين مخطط لمراحل التبريد وعلاقة p, v, T

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- لوحة المضخة انظر ملحق في نهاية التجربة للتعرف إلى أجزاء و مبدأ عمل اللوحة.
- وعاء ماء مبرد سعة 5 لتر لون أزرق.
- وعاء ماء مسخن سعة 5 لتر لون أحمر.
- أنبوبان طول 1 m ، قطر 6 mm.
- مقياس جول - واط لقياس القدرة أو الطاقة.
- صندوق مقابض كهربائية ووصلات آمنة.
- مقياس درجة حرارة رقمي باربع مأخذ، مع المجسات الخاصة فيه راجع الشكل (6) تجربة السعة الحرارية.
- مقياس زمن (ساعة توقيت).

مراحل العمل:-

1. تأكد من امتلاء الوعاء الأزرق والأحمر بالماء لمستوى 4 لتر على الأقل، ويجب أن يكون المستويين متساويان، ويفضل إعادة ملء الوعائين بالماء عند بدء كل تجربة.

ملاحظة: إذا تطلب الأمر تنظيف الأوعية يسحب الرف من تحت كل وعاء ثم تنظف الأوعية وتعاد الى وضعها.

2. تأكد من وجود مجسات حرارية مثبتة في كل وعاء.
 3. صل المجسات الحرارية إلى مقياس درجة الحرارة (وضع T_1 و T_2).
- هذه الخطوة غير لازمة في حال استعمال محرار زنبقي).

4. تأكد من سلامة وصلات الكهرباء في صندوق المقابض لقياس الاستطاعة المستهلكة في المحرك الضاغط. ولا تغير الوصل إذا كانت العلبة موصولة سابقا. توصل المقابض إلى مقياس الواط - جول للمأخذ I و v .
5. يتم ضبط قيم الصفر في مقياس درجة الحرارة ومقياس جول - واط.
6. يوضع مقياس درجة الحرارة بعد وصل المحسين T_1 و T_2 على وضع auto حيث يبدأ الجهاز بإعطاء قيمة T_1 ثم T_2 بالتناوب، وفي كل حالة يضيء ديود (مصباح) أحمر أعلى المجس الذي تعرض قيمته.
7. يوضع مقياس القدرة على الوضع Run ، و $V = 300$ v ، و $I = 3A$ والوظيفة على قياس القدرة W .
8. ابدأ بالقياسات متزامنة، أي نسجل الزمن بدءا من لحظة وصل التيار الكهربائي للوحة، و درجة الحرارة في الوعائين الأزرق للماء البارد والأحمر للحار وتقاس قدرة المضخة من مقياس القدرة مباشرة. كذلك سجل قيم كل من P_1 (من مقياس الضغط الموصول مع الوعاء البارد). P_2 (من مقياس الضغط الموصول مع الوعاء الساخن). t_1 (درجة حرارة المادة العاملة وتقاس من مقياس الضغط الموصول مع الوعاء البارد و السلم المخصص لدرجة الحرارة).
9. تؤخذ القياسات كل دقيقتين ويُملأ الجدول (1) و نستمر بالقياس حتى وصول درجة حرارة الوعاء البارد إلى الصفر تقريباً

الجدول (1)

الزمن t (دقيقة)	درجة حرارة الماء الساخن (الأحمر) T ₁ (C ⁰)	درجة حرارة الماء البارد(الأزرق) T ₂ (C ⁰)	ضغط الغاز العامل P ₁	حرارة المادة العاملة T ₁	ضغط الحالة P ₁	القدرة الكهربائية P للمحرك
0						
2						
4						
6						
.						
.						

10. أحسب كمية الحرارة التي يتم نقلها . البارد الى الوعاء الساخن في الدورة الترموديناميكية أثناء عملية نقل ΔQ من الوعاء المبرد إلى الوعاء المسخن من العلاقة:

$$\Delta Q(J) = c m \Delta T$$

حيث m - كتلة الماء في أحد الوعاءين كل 1 لتر ماء يعادل 1 كغ تقريبا).

c - الحرارة النوعية للماء وهي تساوي: $1 \text{ cal /g} \cdot \text{k}^0$ أو $4.18^3 \text{ J/kg} \cdot \text{k}^0$ بما أن المادة في الوعاء الأزرق والأحمر نفسها فيمكن إجراء الحساب السابق دون تصحيحات أما ΔT - هي الفرق في درجة الحرارة بين الوعاءين و الموافقة لنفس الفترة الزمنية للتجربة t ، و هي تساوي

$$\Delta T = T_1(t) - T_2(t)$$

11. ارسم على ورقة ميليمترية واحدة تحولات كل من $T_1(t)$ و $T_2(t)$

12. أحسب قيمة معامل التبريد ϕ و من المعادلة (6) حيث $W = P \cdot t$ الشغل الذي نقدمه للغاز العامل، و P القدرة المسجلة على مقياس الواط - جول مباشرة من أجل الفترة الزمنية

المعتبرة t و Q_2 هي نفس ΔQ المحسوبة في الفقرة 10 وقارنه مع القيمة المحسوبة من العلاقة (9).

13. قم بحساب كل من ΔQ_1 كمية الحرارة التي يخسرها الوعاء الساخن وكذلك ΔQ_2 كمية الحرارة التي يكسبها الوعاء البارد وذلك من أجل الفترة الزمنية نفسها، من العلاقة:

$$\Delta Q_2 = C m \Delta T_2$$

حيث

$$\Delta T_2 = T_2(t) - T_2(0)$$

وبالمثل ΔQ_1 . ثم ضع النتائج في الجدول (2)

الفترة الزمنية $\Delta t(S)$	الفرق بين درجتي الحرارة ΔT_1	الفرق بين درجتي الحرارة ΔT_2	ΔQ_1	ΔQ_2	$\emptyset$ من المعادلة (9)

جدول (2)

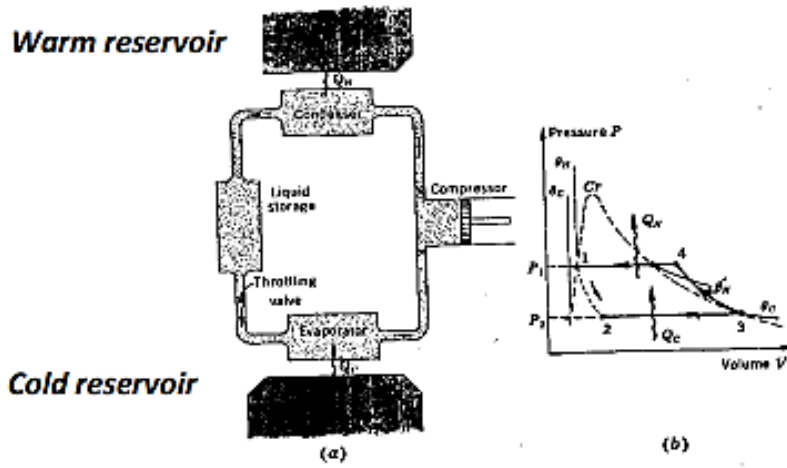
14. لاحظ أن $\frac{\Delta T_2}{\Delta T}$ يتناسب مع $\frac{\Delta Q_2}{\Delta T}$ وهو ما يمثل معدل تدفق كمية الحرارة من الوعاء البارد إلى الساخن.

15. قارن بين $\frac{\Delta Q_1}{\Delta T}$ و $\frac{\Delta Q_2}{\Delta T}$ من أجل الفترات الزمنية نفسها وناقش الفرق هل يزيد أم ينقص ولماذا؟

16. ارسم على ورقة ميليمترية تحولات $\phi(\Delta T)$ ، من الجدول (2) ماذا تلاحظ؟

- ناقش علاقة الضغط p مع درجة الحرارة T من معادلة الغاز المثالي، مع ملاحظة أن حجم الغاز داخل الأنابيب ثابت.

- ارسم تحولات كل من العلاقة $P_1(T_1)$ ، و $P_2(T_2)$ من الجدول (1) وناقش النتائج



شكل (8)

(a) مخطط المراحل التبريد في الثلاجة التجارية (refrigerator)

(b) مخطط علاقة p, v, T و انتقال الحرارة Q للثلاجة

الوحدة الثالثة

تجارب في الكهرباء

تجربة (29) قانون أوم - ohm's law -

الغرض من التجربة :-

تحقيق قانون أوم

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

مقاومة - بطارية أو مصدر تيار كهربائي - أميتر - فولتميتر - ريوسات (مقاومة متغيرة) - مفتاح كهربائي.

النظرية :-

يعتبر قانون أوم والذي تم اكتشافه من قبل العالم جورج اوم (1854-1787) من أهم الأسس التي بنيت عليها النظرية الكهربائية للتيار المستمر .

ينص قانون أوم على أن شدة التيار الكهربائي المار في موصل تتناسب طرديا مع فرق الجهد بين طرفية عند ثبوت درجة الحرارة ويمكن تمثيله بالصيغة الرياضية الآتية :-

$$R = \frac{V}{I}$$

حيث ان R - هي المقاومة وتقاس بالأوم Ω .

V - فرق الجهد بين طرفي المقاومة ويقاس بالفولت.

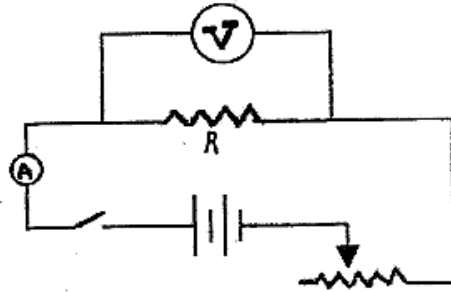
1 - التيار المار بالمقاومة ويقاس بالأمبير .

طريقة العمل :-

1. صل الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (1)

2. مرر التيار الكهربائي وذلك بغلق الدائرة بالمفتاح الكهربائي ثم اقرا شدة التيار وفرق الجهد

بين طرفي المقاومة (R)



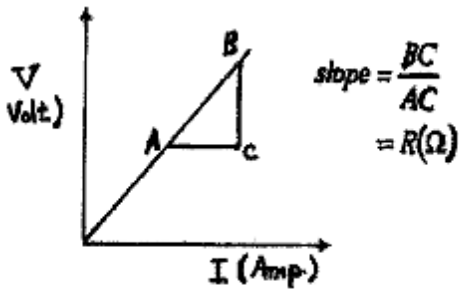
شكل (1)

3. غير من شدة التيار بتحريك زلق المقاومة المتغيرة (الريوستات) ثم اقرأ مقياس الاميتر والفولتميتر .

4. كرر العمل السابق وسجل نتائجك كما في الجدول.

5. ارسم العلاقة البيانية بين شدة التيار كمحور للبيانات وفرق الجهد كمحور للصادات كما في الشكل (2) ، ثم احسب الميل الذي يمثل المقاومة (R) .

جدول



شكل (2)

شدة التيار (1) أمبير	فرق الجهد (V) فولت

الأسئلة:

1 . ما نوع العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد من خلال النتائج التي حصلت عليها عند إجرائك التجربة ؟

2. احسب نسبة الخطأ المنوي لقيمة المقاومة .

3. أيهما أكبر ؟ قيمة المقاومة للمادة الموصلة أم للمادة العازلة وضح ذلك.

تجربة (30)

المقاومة النوعية

- Resistivity of wire-

الغرض من التجربة : حساب المقاومة النوعية لسلك موصل.

الأدوات والأجهزة المستخدمة :-

سلك . من المادة المطلوب ايجاد مقاومتها النوعية - اميتر - فولتميتر - مصدر تيار كهربائي أو بطارية - مقاومة متغيرة (ريوستات) - مفتاح كهربائي - مايكرو متر

النظرية :-

من المعروف أن مقاومة السلك تعتمد على طوله ومساحة مقطعه ونوع المادة المصنوع منها أي أن:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن

R - مقاومة السلك وحداتها بالأوم (Ω).

ρ - المقاومة النوعية وحداتها ($\Omega \text{ cm}$) أو ($\Omega \text{ m}$).

L طول السلك (cm) أو (m).

A - مساحة مقطعه (cm^2) أو (m^2).

ويمكن الحصول على قيمة الموصلية الكهربائية للسلك من مقلوب لمقاومة النوعية وتكون

وحداتها ($\Omega \text{ cm}$)⁻¹ أو ($\Omega \text{ m}$)⁻¹.

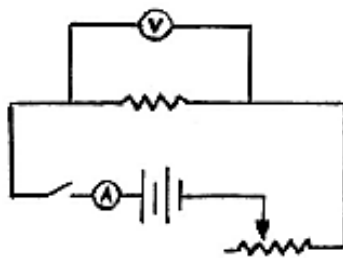
طريقة العمل :-

1. خذ سلكا من المادة المطلوب تعيين مقاومتها النوعية (ولتكن من النحاس مثلا) ثم قس

طوله بدقة وعين قطر السلك باستخدام المايكرومتر ثم جد مساحة مقطعه .

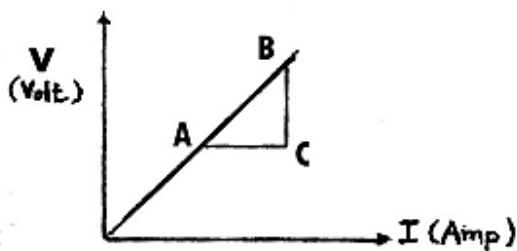
2. اربط الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (1) .

3. خذ قراءة الاميتر والفولتميتر عبر مقاومة السلك (R) .



شكل (1)

4. غير شدة التيار بتحريك زالق الريوستات ثم خذ قراءة الاميتر والفولتميتر .
5. كرر العمل السابق وسجل نتائجك كما في الجدول .
6. ارسم العلاقة البيانية بين شدة التيار المار عبر المقاومة كمحور للسينات و فرق الجهد عبر طرفي المقاومة كمحور للصادات . ثم احسب الميل والذي يمثل قيمة المقاومة (R) كما موضح في الشكل (2)



شكل (2)

7. احسب المقاومة النوعية من المعادلة (1).

التيار I(Ampere)	فرق الجهد V(Volt)

الأسئلة:

1. احسب نسبة الخطأ المنوي للمقاومة النوعية وأذكر أسباب الخطأ ان وجدت
2. احسب الموصلية الكهربائية للسلك الذي أجريت عليه التجربة وماذا نستنتج من ذلك؟
3. لو استبدلت سلك النحاس بسلك من الفضة ، هل أن قيمة المقاومة النوعية تزداد أم تقل ؟ وضح ذلك

تجربة (31) القنطرة المتريية

-The wheat stone bridge -

الغرض من التجربة :-

تحقيق قانوني ربط التوالي والتوازي باستخدام القنطرة المتريية.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:-

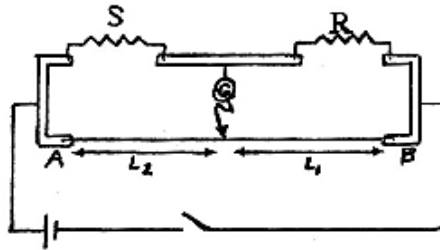
قنطرة متريية - صندوق مقاومات - جلفانومتر حساس - مقاومات .

النظرية :-

تعتبر القنطرة المتريية أحد أشكال قنطرة وتستون حيث أنها إحدى الطرق الدقيقة لقياس مقاومة مجهولة. ويوضح الشكل (1) كيفية إيجاد مقاومة باستخدام القنطرة المتريية، فعند تحريك الزالق المربوط بالجلفانومتر على سلك القنطرة يتحقق الاتزان (التيار المار في الجلفانومتر = صفر) لذا فإن التيار المار في المقاومة (R) يساوي التيار المار في المقاومة (S) وكذلك فإن التيار المار في سلك القنطرة (L) يساوي التيار المار في سلك القنطرة (L₂) وبالتالي فإن :

$$\frac{R}{S} = \frac{L_1}{L_2}$$

$$R = S \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \dots \dots \dots (1)$$



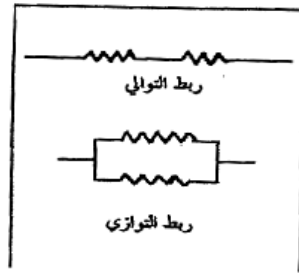
شكل (1)

طريقة العمل:-

1. صل الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (1) ثم خذ قيمة للمقاومة (S)
2. حرك الزالق على السلك (AB) حتى تحصل على قراءة الصفر في الجلفانومتر (G)
3. قس الطول (L_1) و (L_2) .
4. كرر التجربة باستخدام قيم أخرى للمقاومة (S) .
5. دون نتائجك كما في الجدول واحسب متوسط (R) .
6. دون الخطوات أعلاه بأخذ مقاومة مجهولة أخرى ثم كرر الخطوات بربط المقاومتين على التوالي والتوازي. كما موضح بالشكل (2).

الجدول

$R = S(L_1/L_2)$	$L_2(cm)$	$L_1(cm)$	$S(\Omega)$
متوسط R			



شكل (2)

الأسئلة:

1. ماذا يمثل طولاً سلك القنطرة المتريّة (L_1, L_2) ؟
2. احسب نسبة الخطأ المئوي للمقاومات التي حصلت عليها أثناء أجراءك التجربة وما سبب الأخطاء ان وجدت .
3. عند تحريك الزالق على سلك القنطرة المتريّة نحصل على حالة الاتزان، ما المقصود بذلك

تجربة (32)

المكافئ الميكانيكي الحراري (مكافئ جول)

Joule equivalent

الغرض من التجربة :-

حساب المكافئ الميكانيكي الحراري.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

بطارية (أو مصدر تيار كهربائي) - مسعر جول - أميتر - فولتميتر - ثرمومتر - مقاومة متغيرة (ريوستات) - ساعة توقيت - سائل معلوم السعة الحرارية مثل (الماء - الجليسرين زيت البرافين) - ميزان

النظرية :

تتحول الطاقة الكهربائية في أي دائرة كهربائية إلى حرارة في أسلاك التوصيل وكذلك في المقاومة المربوطة فيها وقد تكون قليلة جدا في بعض الأحيان.

في الشكل (1) ، إذا كانت قيمة فرق الجهد بين طرفي ملف المسعر (V) فولت والتيار المار فيها (I) أمبير في زمن مقداره (t) ثانية فإن كمية الطاقة الكهربائية المتولدة (W) هي :

$$W = V I t \dots\dots\dots (1)$$

هناك علاقة بين كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وكمية الحرارة الناتجة (H) والتي يمكن تمثيلها بالصيغة الآتية :

$$H = \frac{W}{J} = \frac{V i t}{J}$$

حيث أن - المكافئ الميكانيكي الحراري (ثابت) جول.

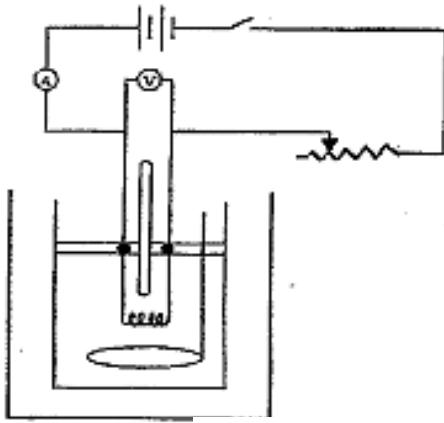
طريقة العمل:

1. زن المسعر وهو فارغ وجاف ونظيف ولتكن كتلته (M_1) .

2. زن المسعر وفيه ثلثيه من السائل المستخدم (الماء مثلاً) ولتكن كتلته (M_2) ومن ذلك يمكن تعيين كتلة السائل (M) ($M=M_2-M_1$)
3. صل الدائرة الكهربائية كما موضح بالشكل (1)
4. عين درجة حرارة الماء والمسعر الابتدائية ولتكن T_1 .
5. اعلق الدائرة الكهربائية وسجل قراءة الفولتمتر (V) بين طرفي ملف المسعر وقراءة الاميتر (I).
6. بعد زمن مقداره (t) حرك الماء وعين درجة حرارة الماء والمسعر النهائية ولتكن (T_2) .
7. وبمعرفة الحرارة النوعية لمادة المسعر C والحرارة النوعية للماء (C) نحصل على كمية الحرارة المكتسبة والتي تمثلها الصيغة الآتية :

$$H = (M_1 C_1 + MC) (T_2 - T_1) \text{ ----- (3)}$$

8. احسب قيمة (J) من المعادلة (2) والتي وحداتها جول / سرعة (joul/ Cal).



الشكل (1)

الاسئلة:-

1. احسب نسبة الخطأ المئوي لقيمه المحافئ الميكانيدي الحراري (J) التي حصلت عليها عند إجرائك التجربة .
 2. ما المقصود بالمقدارين $MC(T_2 - T_1)$, $M_1C_1(T_2 - T_1)$.
 3. ما هي الأجهزة الكهربائية التي تحول الطاقة الكهربائية إلى حرارة ؟
- ملاحظة :** في الديناميكية الحرارية الشغل الموجب يعني انتقال الطاقة إلى خارج النظام.

طريقة ثانية لاستخراج J : انظر الشكل (2) باستخدام جهاز كالندر.

- اغمس المحرار في الكليسرين لتحسين عملية الانتقال الحراري بين المحرار وجسم الاسطوانة ثم ضع المحرار في المكان المخصص له في الاسطوانة .
- خذ ثقل مناسب بحيث يرتفع قليلا عن سطح المنضدة اثناء دوران الاسطوانة بسرعة متوسطة وسجل كتلة الثقل وليكن $(m(kg))$.
- بعد اختيار النقل دع الجهاز يصل الى الاتزان الحراري مع المحيط واثناء ذلك في قطر الاسطوانة بواسطة القدمة وليكن $(d(cm))$.. سجل درجة الحرارة الابتدائية (T_1) ثم سجل قراءة عداد الدورات بدءاً بتدوير الاسطوانة مع تشغيل ساعة التوقيت. سجل قراءة الميزان اثناء عملية الدوران كل (2-3 دقيقة ثم احسب المتوسط وليكن (s)).
- بعد ارتفاع درجة حرارة الاسطوانة بمقدار 5-6 (C) اوقف الدوران وسجل قراءة العداد ثم احسب عدد الدورات (n) . استمر بمراقبة المحرار الى ان يصل الى اقصى قراءة وهي درجة الحرارة النهائية (72). سجل كتلة الاسطوانة (m) وكذلك جد حرارتها النوعية (C) من جداول المواد ، ثم طبق المعادلة التالية لتعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة . (j)

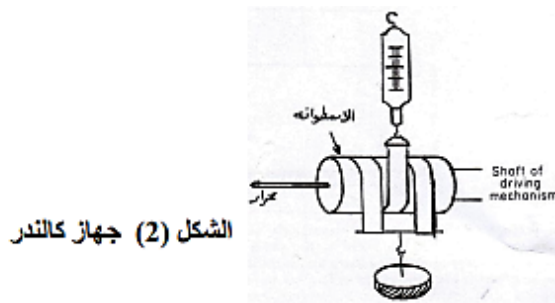
$$j = (m - s) g \pi d n / ((m_c c (T_2 - T_1))$$

n - عدد الدورات

d - قطر الاسطوانة - m_c كتلة الاسطوانة

m - كتلة المسعر

T_2 درجة حرارة نهائية - T_1 درجة حرارة ابتدائية



تجربة (33)

إثبات قانون ستيفان بولتزمان باستخدام علاقة المقاومة الكهربائية مع درجة الحرارة المطلقة Stefan - Boltzman law

الأجهزة المستخدمة:-

مصدر تيار مستمر (مولد) (طاقة) - أميتر - فولتميتر - مصباح تنجستنا سلاك توصيل .

النظرية :- إن الطاقة الإشعاعية المنبعثة من السطح لوحدة الزمن (H_R) تتناسب مع مساحة السطح (A) و الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (T) و كذلك تعتمد على طبيعة السطح أي انبعاثية السطح (e) التي تتراوح قيمتها من الصفر إلى الواحد و يمكن تمثيلها بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$H_R = Ae\sigma T^4 \dots \dots (1)$$

حيث ان σ هو ثابت ستيفان بولتزمان والذي تكون قيمته

$$\sigma = 5.6699 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4} \dots (2)$$

إن هذه العلاقة استنتجت بواسطة العالم جوزيف ستيفان (Josef-Stefan) عام (1835) (1893م) اعتمادا على القياسات التجريبية التي أجريت بواسطة جون تيندل (John Tyndel) عام (1820-1893) و بعدها اشتقت نظريا بواسطة لودوج - بولتزمان (- Luduig Boltzman) عام (1844-1906).

ان وحدات H_R هي وحدات طاقة لوحدة الزمن أي (J/sec) و تساوي وات (Watt) .

إن العلاقة (1) تمثل انتقال الحرارة بواسطة الإشعاع .

توجد طرق أخرى لانتقال الحرارة و هي التوصيل و الحمل، ففي هذه التجربة من الممكن أن تنتقل الحرارة من مصباح التنجستن بواسطة الحمل والإشعاع. لذا يمكن تمثيل انتقال الحرارة بواسطة الحمل بالصيغة الرياضية الآتية :

$$H_c = hA (T - T_0) \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن h معامل الحمل و A مساحة السطح و T تمثل درجة حرارة السطح و T_0 درجة حرارة الجزء المحيط بالسطح. نلاحظ من المعادلة (3) أن العلاقة بين معدل انتقال الحرارة و درجة الحرارة هي علاقة طردية، فعند ارتفاع درجة حرارة المصباح سوف يسخن سلك التتجستن حتى الاحمرار وفي هذه الحالة تكون الطاقة المفقودة عن طريق الإشعاع و الحمل.

ولحساب معدل انتقال الحرارة بواسطة الإشعاع فقط فيتم ذلك بحساب معدل الطاقة الكلية (H) المنبعثة من الجسم مطروحاً منها معدل انتقال الطاقة الحرارية بالحمل (H_c) أي أن

$$H_R = H - H_c \text{ -----(4)}$$

عند مرور التيار الكهربائي (1) في مصباح التتجستن يتولد فرق جهد بين طرفيه (V) عندما

تكون درجة حرارته (T) فإن مقاومته ستكون (R) $(R = \frac{V}{I})$. وبما ان المقاومة تتناسب

طرديا مع درجة الحرارة المطلقة فإن $R \propto T$ و $R_0 \propto T_0$

$$\therefore \frac{R}{R_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow T = \left(\frac{T_0}{R_0}\right) R \dots \dots (5) \quad \text{لذا فان}$$

حيث أن R_0 تمثل مقاومة سلك المصباح عند درجة حرارة T_0 اي قبل التسخين R تمثل

مقاومة سلك المصباح عند درجة حرارة T اي بعد التسخين. وبتعويض المعادلة (5) في المعادلة

(1) نحصل على:

$$H_R = \sigma A e \left(\frac{T_0}{R_0}\right)^4 R^4$$

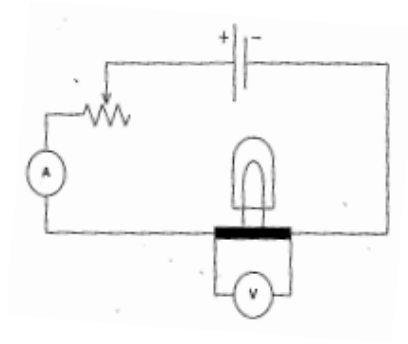
$$\therefore H_R = \text{Const} \cdot R^4 \dots \dots (6)$$

وبأخذ لوغاريتم طرفي المعادلة (6) نحصل على

$$\log H_R = \log \text{Const} . + 4 \log R \dots \dots (7)$$

طريقة العمل:

1. اربط الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (1)
2. مرر تيارا ذا قيمة صغيرة وليكن I_0 وسجل قراءة فرق الجهد بين طرفي مصباح التنجستن (V_0) وذلك لحساب مقاومة المصباح (R_0) عند درجة حرارة الغرفة
$$(R_0 = \frac{V_0}{I_0})(T_0)$$
3. زد مقدار التيار بصورة تدريجية وسجل قراءة كل من الفولتميتر والاميتر ثم سجل النتائج كما في الجدول (1).

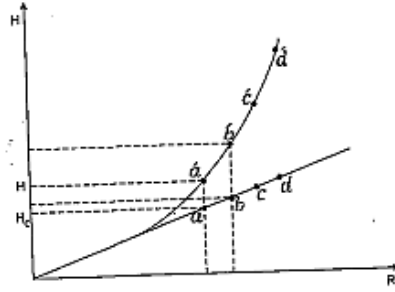


شكل (1)

جدول (1)

I(Amp)	V=(volt)	H=IV WATT	R=V/I (OHM)

4. ارسم المنحني البياني بين قيمة H على محور الصادات و قيمة (R) على محور السينات و كما هو موضح في الشكل (2).
5. ارسم مماس للمنحني كما موضح بالشكل (2) والذي يمثل انتقال الحرارة بطريقة الحمل وبواسطته يمكن قراءة H_c .



شكل (2)

6. أسقط عمودا من النقطتين $a, \bar{a}$ على المحور الصادي و ذلك لقراءة H, H_c على التوالي كما هو موضح في الشكل (2) وعمودا على المحور السيني الممثل لـ R حيث أن H, H_c تمثل معدل انتقال الحرارة بالحمل ، أما H فتمثل معدل انتقال الحرارة بالحمل و الإشعاع و بعدها نحسب H_R من المعادلة (4) .

7. كرر الخطوة (5) لباقي النقاط $b, \bar{b}, c, \bar{c}, \dots$

8. سجل القيم التي حصلت عليها من الشكل (2) في الجدول (2).

9. ارسم الشكل البياني بين $\log R$ على محور الصادات و $\log H_R$ على محور السينات . سينتج خط مستقيم له قطع صادي مقداره

$$\log \left[\sigma A e \left(\frac{T_0}{R_0} \right)^4 \right]$$

$H_R C(\text{Watt})$	$R(\Omega)$	$\log H_R$	$\log R$

جدول (2)

من الممكن أيضا حساب انبعائية التجسطن (c).

أما الميل فيجب أن تكون قيمته 4 و هذا ما يحقق قانون استيفان - بولتزمان كما هو موضح في المعادلة (7) .

الأسئلة:-

1. اذكر أمثلة على انتقال الحرارة بالإشعاع و الحمل .
2. ماذا يمثل الخط المستقيم والمنحني في الشكل (2)؟ وضح ذلك بالتفصيل بالاستعانة بمعادلات رياضية .
3. ما هي الانبعاثية؟ اذكر قيمتها لبعض المواد .
4. في أي منطقة من الطيف تقع الطاقة الإشعاعية المنبعثة من مصباح التتجستن؟ وضح ذلك

تجربة (34)

ايجاد ق. د. ك. و المقاومة الداخلية لعمود كهربائي بطريقة مبسطة

ϵ , m , f and enternal resistance for a battery

الغرض من التجربة :- ايجاد ق. د. ك. و المقاومة الداخلية لعمود كهربائي بطريقة مبسطة

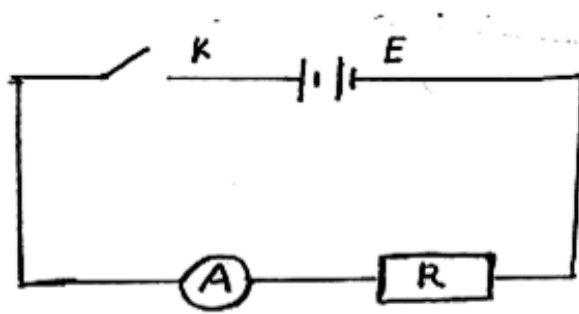
الأجهزة المستخدمة :-

عمود كهربائي، اميتر ، مقاومة معلومة ، صندوق مقاومات ، مفتاح كهربائي .

النظرية :

ان التيار (1) المار في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل رقم (1) :

$$I = E / (R + R_b + R_a) \dots \dots \dots (1)$$



شكل (1)

حيث أن E القوة الدافعة الكهربائية للبطارية .

مقاومة صندوق المقاومات .

R_a مقاومة الأميتر .

R_b مقاومة البطارية.

كما يمكن وضع المعادلة (1) بالصيغة التالية :

{والمشابهة لمعادلة الخط المستقيم $(y = m x + b)$ }

$$R = E \left(\frac{1}{I} \right) - (R_b + R_a) \dots\dots (2)$$

لذا فالعلاقة البيانية بين $(1/I)$ على المحور السيني و (R) على المحور الصادي يمثل بخط

مستقيم ميله يمثل ق.د.ك للعمود (E) ، ومقطعه السالب على المحور الصادي يمثل $(R_b + R_a)$

(R_a) أي ان : انظر شكل (2)

$$\frac{AC}{CD} = E \dots\dots (3)$$

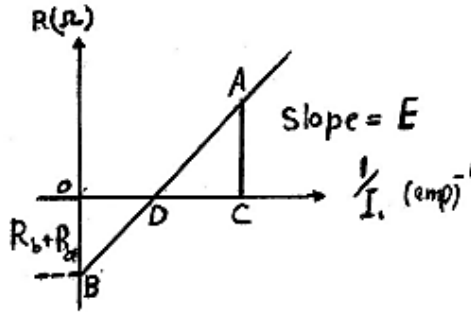
$$OB = R_b + R_a \simeq R_b \quad \text{since } R_b \gg R_a \dots\dots (4)$$

طريقة العمل :-

1. اربط الدائرة الكهربائية كما مبين في الشكل (1).
2. اجعل مقاومة صندوق المقاومات بمقدار مناسب . لتكون قراءة الاميتر المناظرة مقترية من اعلى حد لقراءته
3. غير مقاومة صندوق المقاومات وسجل قراءة الاميتر المناظرة لكل منها كما في الجدول أدناه
4. ارسم علاقة بيانية بين $(1/I)$ على المحور السيني و (R) على المحور الصادي ،
5. جد قيمة ق.د.ك. للعمود الكهربائي من المعادلة رقم (3)
6. جد قيمة (R_b) من المعادلة رقم (4) بعد معرفة مقاومة الأميتر (R_a)

$1/1 (A1)$

مقاومة صندوق المقاومات $(R)(\Omega)$	قراءة الاميتر $I(A)$	$(A^{-1})1/I$



شكل (2)

1. ما المقصود بالمقاومة الداخلية للبطارية ؟ وهل لها قيمة ثابتة ؟.
2. ما هي اهم مصادر الخطأ في التجربة ؟
3. ما قيمه المقاومة الداخلية للاميتير (ولماذا (R_a) صغيره جداً .

ملاحظة : بالرجوع الى شكل (1) ، فان ق. د.ك - الشغل المبذول لنقل وحده الشحنات الكهربائية عبر المقاومة الخارجية (R, R_a) و عبر مقاومه البطارية الداخلية (R_b) :

$$E = (V_R + V_a) + I R_b \quad \therefore \text{ق د ك (E)}$$

$$E - I R_b = V_R + V_a$$

$\therefore$ فرق الجهد بين قطبي البطارية = ق. د.ك للبطارية $- I R_b$

والكمية $I R_b$ تسمى الهبوط في الجهد عبر البطارية

تجربة (35)

العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد باستخدام فتيلة مصباح من التنجستن

I-V relation μ tungsten filament lamp

الغرض من التجربة : إيجاد العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد باستخدام فتيلة مصباح من

التنجستن .

الأدوات والأجهزة المستخدمة -

بطارية (12 فولت) أو مصدر تيار كهربائي - مقاومة متغيرة (ربوستات) - أميتر - فولتميتير - مصباح كهربائي.

النظرية : العلاقة بين التيار (I) الذي يمر خلال فتيلة المصباح وفرق الجهد بين طرفيه (V) يمثل بالصيغة الآتية:

$$I = \frac{V^n}{K} \dots \dots \dots (1)$$

وبأخذ اللوغاريتم لطرفي المعادلة (1) نحصل على ما يلي

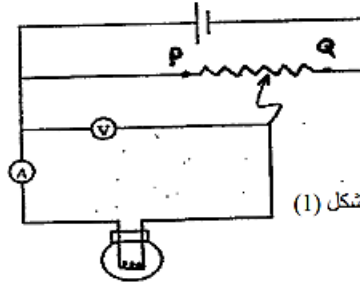
$$\log I = n \log V - \log K \dots \dots \dots (2)$$

المعادلة (2) تشبه معادلة الخط المستقيم ($y = Mx - b$) فعند رسم العلاقة البيانية بين $\log I$ كمحور للمصادات و $\log V$ كمحور للسيئات نحصل على خط مستقيم يقطع المحور الصادي حيث أن الميل يمثل القيمة (n)

والقطع الصادي يمثل ($\log K$) وان قيم (n,K) هي مقادير ثابتة للمصباح المستخدم .

طريقة العمل :-

1. صل الدائرة الكهربائية كما مبين في الشكل (1) .

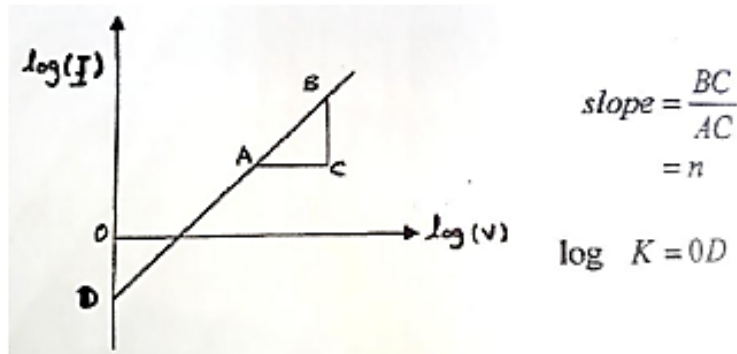


2. حرك زلق الريوستات حتى تبدأ فتيلة المصباح بالتوهج ثم سجل قراءة الأميتر والفولتميتر .

3. حرك زلق الريوستات (pQ) لتغير قيمة التيار وفرق الجهد ودون خمس قراءات لخطوات متساوية حتى الحد الأقصى لفرق الجهد المسموح به .

4. دون نتائجك كما موضح بالجدول .

5. ارسم العلاقة البيانية بين $(\log I)$ كمحور للصادات و $(\log V)$ كمحور للسيئات وستحصل على خط مستقيم يقطع المحور الصادي كما موضح في الشكل (2) .



شكل (2)

جدول

log V	log I	فرق الجهد V (volt)	شدة التيار I(A)

الأسئلة :

1. من خلال القراءات التي حصلت عليها عند إجرائك التجربة ، ما نوع العلاقة بين التيار وفرق الجهد ؟

2. متى تكون المعادلة (1) مشابهة لقانون أوم ؟

3. احسب قدرة المصباح الكهربائي .

ملاحظة : ان القدرة المبددة في سلك ساخن مقاومته R تعطى بالعلاقة $P = IV^*$ و $P = KR^n$ لذا عندما يكون ضوء المصباح متوهج خذ اعلى قيمة لـ R من الجدول السابق وطبق المعادلة* .

تجربة (36) سعة مكثف

To investigate ohm's law for a.c capacitive circuit

اسم التجربة: ايجاد سعة مكثف باستخدام دائرة تيار متردد.

الغرض من التجربة : ايجاد سعة مكثف باستخدام دائرة تيار متردد.

الأجهزة المستخدمة : مصدر للتيار المتردد ، محول لخفض فرق الجهد من (30) فولت في (2) فولت . اميتر لقياس شدة التيار المتردد ، فولتميتر لقياس فرق الجهد للتيار المتردد، مكثف توسعة حوالي $(15\mu F)$.

النظرية :-

في الدائرة الكهربائية للتيار المتردد (a.c) فيها مقاومة فقط فإن شدة التيار (I) وفرق جهد (V) يكونان في الطور نفسه، أي انهما يتلاشان في الوقت نفسه، ويصلان الى اقصى قيمة لهما في الوقت نفسه أيضا، ولكن اذا ربط مكثف في الدائرة بدل المقاومة فان المكثف سيشكل اعاقا للتيار المتردد ويكون التيار في هذه الحالة سابقا لفرق الجهد برقع دورة ،

يمكن كتابة قانون اوم في هذه الحالة ، كالتالي :

$$V = IX_C \dots \dots (1)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \dots \dots (2)$$

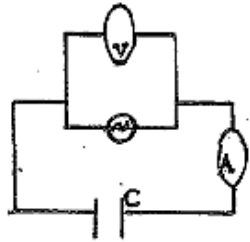
حيث (X_C) الرادة السعوية وهي تعطي بالعلاقة التالية .:

حيث (F) تردد التيار المتغير ، (C) سعة المكثف

فاذا رسمنا العلاقة (1) بين شدة التيار (I) وفرق الجهد (V) كما في الشكل (2) فان ميل الخط المستقيم يساوي الرادة السعوية ، وباستخدام المعادلة (2) يمكن ايجاد سعة المكثف (C) ، اذا علم تردد التيار الكهربائي (F) .

طريقة العمل:-

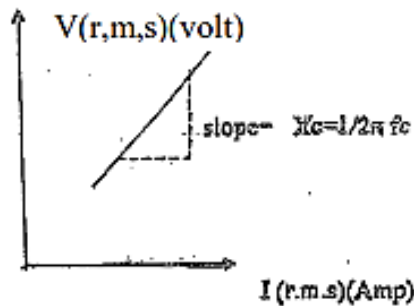
1. اوصل الدائرة كما في الشكل (1) .
2. اجعل فرق الجهد بين طرفي المحول ($2V$) وخذ قراءة شدة التيار (1).
- 3 اعد الخطوة (٢) الفرق الجهد ($8V, 6V, 4V$) وفي كل مرة سجل قراءة الاميتر .
- 4 سجل التردد (F) لمصدر التيار .



شكل (1)

النتائج والحسابات :-

تردد المصدر الكهربائي : $(F) = 50.(Hz)$



شكل (2)

علماً $V(r,m,s)$ هي قراءة الفولتية المترددة على الفولتمتر ، و $I(r,m,s)$ هي قراءة الاميتر

V(r,m,s)(volt)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I(r,m,s)(Amp)										

من الرسم البياني نجد أن : $Slope = x_c = \dots \Omega$ وبالتعويض في المعادلة (2) نجد ان :

$$C = \text{-----}(f)$$

الاستنتاج : نستنتج أن سعة المكثف تعتمد على تردد المصدر المجهز .

ماذا يحدث لو وضعت ملفاً ذا رادة حثية (XL) بدل المكثف ؟.

ما المقصود بـ V(r,m,s) و I(r,m,s)

تجربة (37)

الثابت الزمني لمتسعة - Time constant

الغرض من التجربة:

إيجاد الثابت الزمني للمتسعة .

الأجهزة المستخدمة:-

متسعة - مقاومة - مصدر جهد مستمر - (مقياس جهد) فولتميتر - ساعة توقيت ، مفتاح

النظرية :- إن عملية شحن المتسعة يتم عند ربطها بمصدر جهد مستمر أو بطارية حيث تتولد الشحنة (Q) على لوحها ويزداد فرق الجهد (V) كدالة للزمن الحين وصوله لجهد المصدر، ويمكن تمثيل ذلك بالصيغة الرياضية الآتية:

$$Q = CV.....(1)$$

حيث أن C سعة المتسعة.

إن معدل ازدياد الجهد يعتمد على سعة المتسعة وقيمة المقاومة في الدائرة الكهربائية . أما عندما يتم تفريغ المتسعة فإن الجهد يقل ويعتمد أيضا على سعة المتسعة وقيمة المقاومة أيضا.

إن زمن الشحن والتفريغ للمتسعة يعبر عنه بالرمز (τ)، والذي يساوي حاصل ضرب قيمة المقاومة وقيمة سعة المتسعة الذي يأخذ الصيغة الرياضية الآتية : (2) $\tau = RC$

إن فرق الجهد يزداد أثناء عملية الشحن حيث يزداد مع الزمن كما في العلاقة الآتية:

$$V = V_0(1 - e^{-t/RC}) (3)$$

حيث أن :

V_0 : جهد المصدر و ($e=2.718$)

$$V = \text{عند الزمن } t = \tau = RC \text{ فإن فرق الجهد ستكون قيمته : } (1 - 1/e)V_0$$

$$V = \text{أما عند التفريغ فإن الجهد يقل مع الزمن كما في العلاقة الآتية: } V_0 e^{-t/RC} \dots \dots \dots (5)$$

$$V = \text{وعندما } t = \tau = RC \text{ فإن فرق الجهد ستكون قيمته : } (1/e)V_0 \dots \dots \dots (6)$$

طريقة العمل:-

1. اربط الدائرة كما موضح في الشكل (1)، وسجل قيمة المتسعة وقيمة المقاومة في الجدول (1).

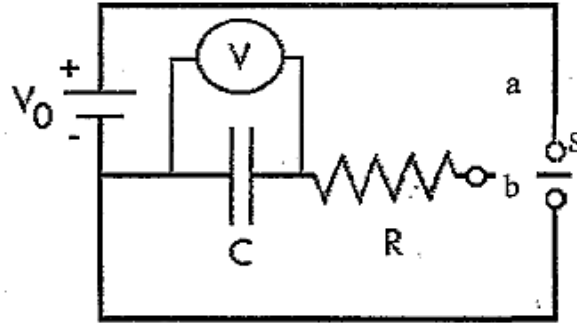
2. أغلق الدائرة الكهربائية بوضع المفتاح (s) على الوضع (a) (شحن المتسعة) سجل قيمة فرق الجهد بواسطة الفولتميتر كدالة للزمن وسجلها في الجدول (1) لحين إتمام عملية الشحن حيث نلاحظ زيادة فرق الجهد مع زيادة الزمن لحين الوصول لحالة الإشباع (أي تبقى قيمة فرق الجهد ثابتة عند زيادة الزمن).

3. ضع المفتاح (s) على الوضع (b) (تفريغ المتسعة) وسجل قيمة فرق الجهد بواسطة الفولتميتر كدالة للزمن في الجدول (1) .

ملاحظة: في حالة التفريغ تؤخذ آخر قيمة لفرق الجهد عند الشحن عند بداية التفريغ (الزمن = صفر) وبعدها يزداد الزمن ويقل فرق الجهد لحين انتهاء عملية التفريغ.

4. ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد كمحور للصادات، والزمن كمحور للسيئات في حالتَي الشحن الشكل (2) والتفريغ الشكل (3) ثم احسب الثابت الزمني للمتسعة ، وذلك بحساب قيمة فرق الجهد من المعادلة (4) في حالة الشحن ومن المعادلة (6) في حالة التفريغ وتحديد بنقطة على الإحداثي الصادي ورسم عمود من تلك النقطة على المنحني ومنها إسقاط عمود على الاحداثي السيني والتي تمثل قيمة الثابت الزمني في كلا حالتَي الشحن والتفريغ كما موضح في الشكلين (2) و (3) .

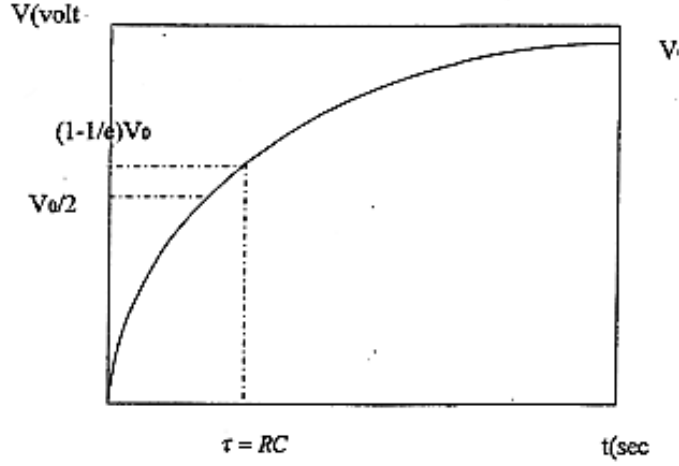
5. احسب القيمة النظرية للثابت الزمني للمتسعة من العلاقة (2) وقارن بينها وبين القيمة العملية التي حصلت عليها من الرسم البياني ثم احسب الخطأ النسبي المئوي.



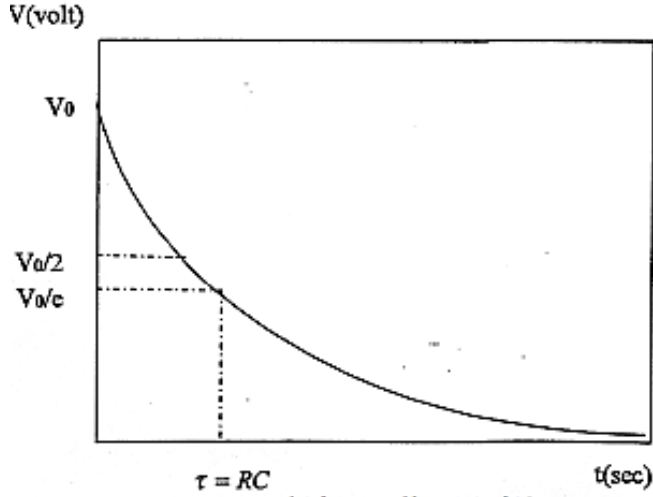
شكل (1)

$R = 1000 \text{ K}\Omega$ $C = 470 \text{ }\mu\text{f}$			
شحن المتسعة		تفريغ المتسعة	
V(volt)	T(sec)	V(volt)	T(sec)
V_0	0	V_8	0
V_1	50	.	50
V_2	100	.	100
V_3	150	.	150
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
V_8	0	0	.

جدول (1)



شكل (2) حالة شحن المكثف



شكل (3) حالة تفريغ المكثف

الأسئلة:

- 1- عرف المتسعة وما هي استخداماتها؟.
- 2- هل تتغير قيمة فرق الجهد مع سعة المتسعة؟ وضح ذلك .
- 3- هل أن الثابت الزمني متغير أم متساو لجميع المتسعات؟ وضح ذلك.
- 4- ما هي الاستنتاجات التي حصلت عليها عند إجرائك للتجربة

الوحدة الرابعة

البصريّات

تجربة (38)

العدسات - Lenses

الغرض من التجربة :

إيجاد البعد البؤري لعدسة لامة .

الأدوات المستخدمة:

عدسة لامة - جسم مضاء بمصدر ضوئي أو شمعة - مرآة مستوية حامل للعدسة .

النظرية :-

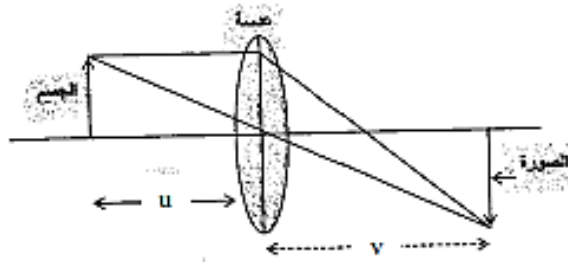
العدسة المصنوعة بشكل صحيح تكون قادرة على تركيز حزمة من الضوء المتوازي في منطقة صغيرة عند النقطة البؤرية. فإذا سقطت أشعة متوازية على العدسة فإنها ستعاني انكسارا داخلها وعند خروجها من العدسة ستجتمع في نقطة والتي تسمى البعد البؤري . تكون العدسات نوعين ، العدسات اللامة والتي هي أسمك ما تكون في المنتصف وتجعل حزمة من الضوء تتجمع في النقطة البؤرية . والعدسات المفرفة وهي اسمك ما تكون عند أطرافها وتجعل حزمة ضوئية متوازية تنتشر (أو تتفرق) كما لو كانت صادرة من نقطة هي النقطة البؤرية.

والصور المتكونة بواسطة العدسات، إما أن تكون حقيقية والتي تتركز فيها الأشعة لتكون نسخا ضوئية في موقع الصورة كما موضح بالشكل (1) أو أن تكون الصور خيالية (وهمية) في المواقع

التي يبدو أن الضوء القادم منها عند وضع حائل في ذلك الموقع لا يكون عليه أية صورة . العلاقة الرياضية التي تربط بين بعد الجسم عن العدسة (u) وبعد الصورة عن العدسة (v) والبعد البؤري (f) هي كالاتي :-

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

حيث أن البعد البؤري للعدسة اللامة يكون موجبا وللعدسة المفرفة يكون سالبا .



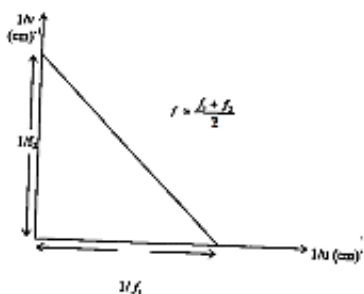
شكل (1)

ملاحظة: تقاس قدرة العدسة P بالدايوبتر (Diopters) وتساوي مقلوب البعد البؤري للعدسة مقدراً (بالمتر) l^{-1} ، وبالنسبة للتكبير الطولي M لمرآة أو عدسة هو النسبة بين طول الصورة h' الى طول الجسم h ، $M = \frac{h'}{h}$

طريقة العمل :-

- 1- ضع العدسة على حاملها مواجهة للجسم المضاء بثقب ضوئي وفي الجهة الأخرى من العدسة مرآة مستوية رأسية.
 - 2- حرك العدسة والمرآة المستوية معا قريبا أو بعدا من الجسم المضاء حتى تتكون له أوضح صورة بجواره .
 - 3- قس البعد بين المركز البصري للعدسة والجسم فيكون هو القيمة التقريبية للبعد البؤري (f)
 - 4- استبدل المرآة المستوية بحائل ثم ضع العدسة على بعد معين من الجسم وحرك الحائل لحين ظهور أوضح صورة ثم قس (u) بعد الجسم عن العدسة و (v) بعد الصورة عن العدسة كرر العمل.
 - 5- رتب نتائجك كما في الجدول .
 - 6- ارسم الشكل البياني بين $(1/u)$ و $(1/v)$ ستحصل على خط مستقيم يقطع المحورين السيني والصادي وكما مبين في الشكل (2) .
- الجدول

$1/v \text{ (cm)}^{-1}$	$1/u \text{ (cm)}^{-1}$	$v(\text{cm})$	$u(\text{cm})$



شكل (2)

الأسئلة :

- 1- جد نسبة الخطأ في قيمتي البعد البؤري للعدسة التقريبية والبيانية وأيهما أو تفضل ولماذا؟
- 2- عند إجرائك التجربة هل لاحظت أن صورة الجسم مقلوبة أم معتدلة؟ وضح ذلك
- 3- متى ستكون الصورة بنفس حجم الجسم؟ أو مصغرة أو مكبرة ؟ وضح ذلك .

تجربة (39)

الانكسار - Coefficient of Refraction

الغرض من التجربة :-

تعيين معامل انكسار الزجاج باستخدام متوازي مستطيلات .

الأدوات المستخدمة :-

متوازي مستطيلات زجاجي - دبابيس - ورقة بيضاء .

النظرية :-

حيث ينتقل شعاع ضوئي من الهواء (الفراغ) إلى وسط آخر الزجاج مثلاً فإن مساره ينحني كما موضح في الشكل (1) ويسمى هذا التغير في اتجاه شعاع ما حين يمر من مادة إلى مادة بالانكسار الزاوية (θ_1) وهي زاوية السقوط و (θ_2) هي زاوية الانكسار . يعرف معامل الانكسار المطلق (n) للمادة على أنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في المادة والذي تمثله المعادلة الآتية :

$$n = \frac{c}{u} \dots \dots (1)$$

حيث أن :

c - سرعة الضوء في الفراغ (الوسط الأول) .

u - سرعة الضوء في المادة (الوسط الثاني).

ومن قانون سنيل الذي ينص على أن معامل انكسار المادة هو النسبة بين جيب زاوية السقوط

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \dots \dots (2):$$

وجيب زاوية الانكسار أي أن

وتختلف قيمة معامل الانكسار حسب نوع المادة .

وأن قيم زوايا السقوط والانكسار تتغير حسب نوع الوسط المنتقل منه واليه الشعاع ، فعندما

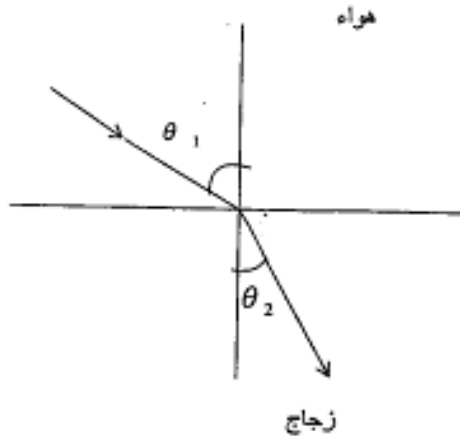
تساوي قيمة زاوية الانكسار (90°) فإن زاوية السقوط تسمى الزاوية الحرجة .

طريقة العمل : تتلخص فيما يلي :-

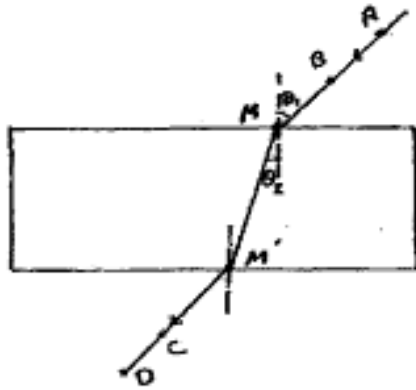
1. ضع متوازي المستطيلات على ورقة بيضاء وحدد أبعاده بالقلم الرصاص وبعدها ارفعه

من الورقة .

2. أقم عموداً عند نقطة في وجه المتوازي العلوي وعين زاوية قدرها (40^0) حيث تمثل زاوية سقوط الشعاع الضوئي (θ_1) على وجه المتوازي كما موضح في الشكل (2)
3. ثبت دبوسين رأسيين (B,A) على اتجاه الشعاع الساقط على وجه المتوازي ثم أعد وضع المتوازي على نفس حدوده السابقة .
4. انظر من الوجه الآخر المقابل للمتوازي ترى صورتَي الدبوسين (B,A) ثم ثبت دبوسين آخرين (D,C) بحيث يكونان على استقامة الصورة (B,A) ويمثلان اتجاه الشعاع الخارجي.
5. بعد المتوازي ثم صل النقطتين (B,A) بخط ثم مده على استقامة حتى يلاقي وجه المتوازي عند نقطة (M) وبالمثل صل (D,C) بخط ومده حتى يلاقي الوجه المقابل في (M) ثم صل النقطتين (M, M')
6. قس زاوية الانكسار (θ_2) وعين معامل الانكسار من المعادلة (2)
7. كرر العمل السابق بأخذ زوايا سقوط أخرى.
8. رتب نتائجك كما في الجدول ثم أحسب معدل (n) .



شكل (1)



شكل (2)

$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$	θ_2	θ_1
معدل n =		

الأسئلة :-

1. عرف زاوية السقوط وزاوية الانكسار .
2. من خلال إجرائك التجربة هل لاحظت أن الشعاع المنكسر يقترب من العمود أم يبتعد ولماذا؟
3. عند انتقال الشعاع الضوئي من الزجاج وخروجه إلى الهواء ماهي ملاحظاتك عن الشعاع الخارج وماذا تسميه ؟
4. ما هي أسباب الخطأ إن وجدت ؟

تجربة (40)

معامل الانكسار سائل - Liquid refraction coefficient

الغرض من التجربة: حساب معامل انكسار سائل

الادوات والاحيطة المستخدمة :- عدسة محدبة ، مرآة مستوية ، دبوساً ، سائل ، حامل .

النظرية :-

اذا وضعت عدمتان رقيقتان بحيث تتلامسان كما موضح في الشكل (1b) فان المجموعة تعمل كعدسة واحدة بعدها البؤرة f حيث ان :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_a} + \frac{1}{f_b} \dots \dots \dots (1)$$

ان f_a ، f_b هما البعدان البؤريان للعدستين المتلامستين ومن الممكن ان نعبر عن البعد البؤري لأي منهما بدلالة معامل انكسار مادتها ونصف قطري سطحها بالشكل الاتي :

$$\frac{1}{f_b} = (n_b - 1) \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

اذ ان f_b يمثل البعد البؤري و n_b معامل الانكسار أي من العدستين المتلامستين وان x_2, x_1 نصفا قطريهما

طريقة العمل :-

1. خذ عدسة محدبة بعدها البؤري لا يزيد عن (15 cm) وضعها على سطح مرآة مستوية افقية .

2. ثبت جسماً (دبوساً) على حامل بصورة افقية بحيث يكون على ارتفاع معين من سطح العدسة ، وحركه الى الاعلى او الاسفل بحيث ينطبق على صورته مستخدماً طريقة (الزوغان)

3. قس المسافة بين الجسم والعدسة والتي تمثل البعد البؤري للعدسة المحدبة f_a كما موضح الشكل (1a) . يلاحظ هنا ان الضوء النافذ من العدسة يسقط على سطح المرآة بصورة عمودية فينعكس متبعا لمساره الاصلي مكونا صورة منطبقة على الجسم نفسه ، وهذا لا يحصل الا اذا كانت الاشعة الخارجة من العدسة متوازية وتسقط عمودية على سطح المرآة.

4. ضع الآن كمية قليلة من السائل على سطح المرآة وضع فوقها العدسة ستكون عدسة مفرقة من هذا السائل احد سطحيهما مستوى والآخر مقعر نحو الأعلى وكما موضح في الشكل (1b) ونصف قطر تكوره هو (x_2) ويساوي نصف قطر تكور العدسة الزجاجية

5. أعد الخطوة (2) و(3) وباستخدام طريقة الزوجان مرة أخرى سنجد البعد البؤري للمجموعة (العدسة المركبة) f

6. احسب البعد البؤري (f_b) للعدسة المفرقة المتكونة من السائل باستخدام العلاقة (1) وستكون قيمة (f_b) سالبة لكون العدسة مفرقة.

7. طبق العلاقة (2) لحساب (n) بعد ان تأخذ بنظر الاعتبار ان $(x = 0)$ فيكون :

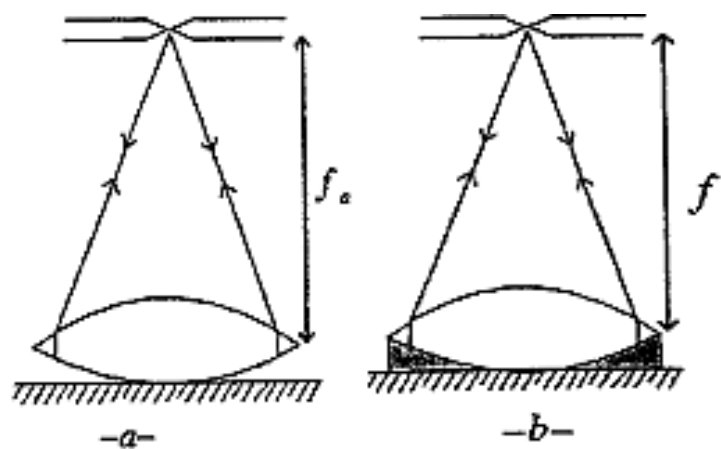
$$\frac{1}{f_b} = (n_b - 1) \left(\frac{1}{x_1} \right)$$

X_1 : نق العدسة اللامة

إن قيمة (X_1) اما ان تعطى للطالب او ان تستخرج قيمته بالطرق المعروفة.

الاسئلة :-

- 1- عرف البعد البؤري
- 2- عرف معامل الكسار السائل
- 3- متى تنطبق صورة الجسم عليه ؟
- 4- من ماذا تتكون العدسة المركبة في هذه التجربة ؟



بدون سائل

بوجود سائل

شکل (1)

تجربة (41)

تعيين معامل انكسار سائل باستخدام عدسة لامة ومرآة مستوية

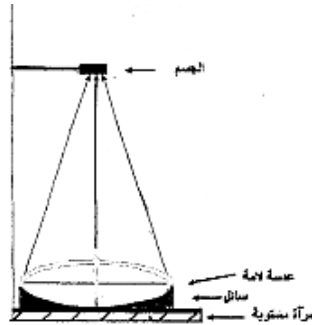
Refractive index a liquid using concave lens and a mirror

الغرض من التجربة: إيجاد معامل الانكسار السائل باستخدام عدسة لامة ومرآة مستوية

الأجهزة المستخدمة: - عدسة لامة، مرآة مستوية حامل مع ماسك، شاخص، مسطرة مترية، سائل.

النظرية :-

إذا وضع جسم في بؤرة عدسة لامة فالأشعة النافذة من العدسة إلى الجهة الأخرى تكون متوازية و عند وضع مرآة مستوية خلف العدسة وإسقاط اشعة متوازية بشكل عمودي عليها ارتدت منعكسة وبنفس المسار وكونت صورة للجسم منطبقة عليه كما في الشكل (1)



شكل (1)

وعند وضع سائل ما بين العدسة اللامة وسطح المرآة المستوية فستكون عدسة من السائل (مستوية مقعرة) بين المرآة الزجاجية والعدسة اللامة ، وان العدسة اللامة وعدسة السائل سيكونان عدسة مركبة يمكن ايجاد البعد البؤري لها بنفس طريقة ايجاد البعد البؤري للعدسة اللامة وحسب

العلاقة التالية:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \dots \dots \dots (1)$$

حيث (F) : البعد البؤري للعدسة المركبة ، (F_1) : البعد البؤري للعدسة الالامة .

(F_2) : البعد البؤري لعدسة السائل .

وان العلاقة بين نصفى قطر التكور لوجهى العدسة ومعامل انكسار مادتها وبعدها البؤري

هى:

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots \dots (2)$$

حيث (n) : يمثل معامل انكسار مادة العدسة.

R_2, R_1 : نصف قطري تكور وجهيها ، وبما أن عدسة السائل اءء اوجهها مستوى فأن

($R_2 = \infty$) اى ان المعادلة (2) تصبح كما يأتي :

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$\frac{1}{F} = \frac{(n - 1)}{R_1} \dots \dots \dots (3)$$

وبشكل عام فأن المعادلة (3) لعدسة سائل تكون بالشكل الآتى :

$$\frac{1}{F_L} = \frac{(n_L - 1)}{R_1} \dots \dots \dots (4)$$

حيث (n_L) : معامل انكسار السائل

(F_L) : البعد البؤري لعدسة السائل

وان المعادلة (4) بالنسبة للماء تكون :

$$\frac{1}{F_W} = \frac{(n_W - 1)}{R_1} \dots \dots \dots (5)$$

حيث ان (n_W) : معامل انكسار الماء (F_W) : البعد البؤري لعدسة الماء

وبقسمة المعادلتين (4,5) يمكننا ايجاد معامل انكسار السائل n_L كالتى :

$$\frac{F_L}{F_W} = \frac{(n_W - 1)}{R_2} \frac{R_2}{(n_L - 1)}$$

$$\frac{F_L}{F_W} = \frac{(n_W - 1)}{(n_L - 1)} \dots \dots \dots (6)$$

طريقة العمل :-

- 1- تثبت المرآة المستوية على قاعدة الحامل ثم توضع العدسة الزجاجية فوق المرآة المستوية.
- 2- يضبط موقع الشاخص المثبت بالماسك المثبت بالحامل بحيث تنطبق صورته عليه.
- 3- تقاس المسافة بين الشاخص الجسم و سطح المرآة والتي تمثل البعد البؤري للعدسة اللامة
- 4- تملأ الفجوة بين العدسة والمرآة بالسائل وتكرر الخطوتين السابقتين . إن المسافة بين راس الشاخص و سطح المرآة تمثل البعد البؤري للعدسة المركبة.
- 5- تستخدم العلاقة (1) في حساب البعد البؤري لعدسة السائل
- 6- يستخدم الماء بدل السائل ويحسب البعد البؤري لعدسة الماء بتكرار الخطوات السابقة ثم تطبق المعادلة (6) لحساب معامل انكسار السائل مع العلم أن معامل انكسار الماء معلوم.

الأسئلة و المناقشة :-

1. هل من الضروري إيجاد البعد البؤري للعدسة المحدبة ولماذا ؟ وهل يمكن استخدام عدسة محدبة مستوية لإيجاد معامل انكسار سائل مجهول في هذه التجربة؟
2. ما فائدة المرآة المستوية في التجربة ؟ يناقش الفرق بين البعد البؤري اللانهائي والبؤرة اللانهائية ثم يثبت كيف أن البعد البؤري للمرآة يساوي مالا نهاية ؟
3. عدسة محدبة الوجهين يراد صنعها من الزجاج معامل انكساره 1.52 فإذا كان ل احد الوجهين نصف قطر بما يساوي ضعف الآخر والبعد البؤري لها m5 فما نصف القطرين؟

4. نصف قطر سطحي عدسة رقيقة 12 cm و 30 cm فإذا كانت العدسة مصنوعة من زجاج معامل انكسار 1.6 ما هو البعد البؤري لها ؟
5. عدسة محدبة مستوية معامل انكسار مادتها 1.6 ونصف قطر تكور سطحها 10 cm موضوعة في سائل معامل انكساره 1.2 فكم البعد البؤري لها ؟

أضافة: يحدث لموجة كهرومغناطيسية تغيير في الطور مقداره 180 عند انعكاسها من وسط معامل انكسار مادته كبير الى وسط آخر ذي معامل انكسار اقل.

تجربة (42)

زاوية الانحراف الصغرى للموشور

Minimum deviation for prism

الغرض من التجربة :-

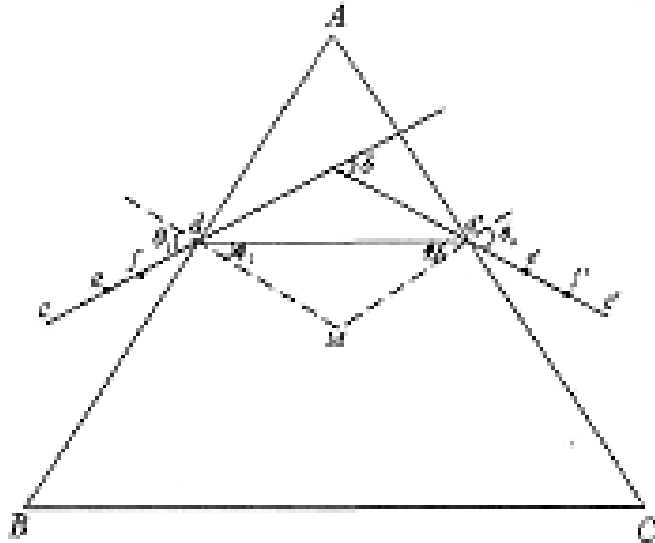
تعيين زاوية الانحراف الصغرى لموشور بطريقة بيانية:

الادوات والاحزمة المستخدمة :

موشور زجاجي ، دبابيس ، مسطرة ، منقلة ، ورقة بيضاء .

النظرية : عندما يسقط شعاع ضوئي كالشعاع (cd) على أحد وجهي موشور مثلا الوجه (AB) فإنه ينكسر حسب قوانين الانكسار مارا داخل الموشور حتى يسقط على الوجه الآخر (Ac) من الموشور وبعد الانكسار ينفذ الشعاع بالاتجاه (c'd') كما موضح في الشكل (1) .

ومن الشكل نحصل على ما يلي :



شكل (1)

$$A = \phi_1 + \phi_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - (\phi_1 + \phi_2) \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان δ - زاوية الانحراف للموشور

A - زاوية رأس الموشور .

وعن تحقق الشروط الآتية سنحصل على زاوية الانحراف الصغرى للموشور وهي كالآتي:

$$\phi_1 = \phi_2$$

$$\theta_1 = \theta_2$$

وعند تعويض رطين في المعادلة (1) و (2) نحصل :

$$A = 2\phi_1$$

$$\therefore \phi_1 = \frac{1}{2} A \dots \dots \dots (3)$$

$$\delta_m = 2\theta_1 - A$$

$$\therefore \theta_1 = \frac{1}{2} (\delta_m + A) \dots \dots \dots (4)$$

وبما أن معامل الانكسار (n) هو النسبة بين جيب زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار لذا

فإن

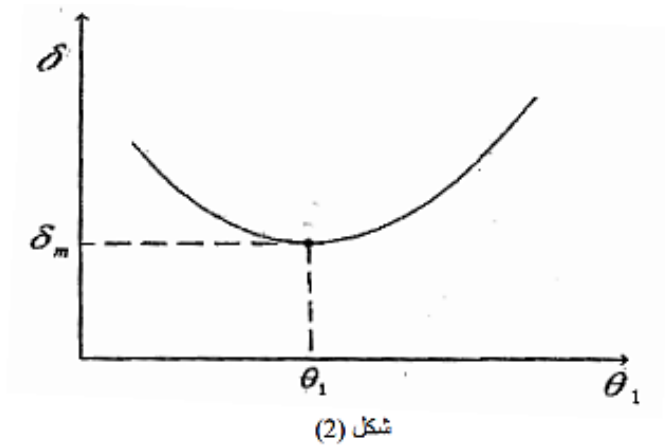
$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \phi_1} \dots \dots \dots (5)$$

وبتعويض المعادلتين (3) و (4) في المعادلة (5) نحصل.

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (A + \delta_m)}{\sin \frac{1}{2} A} \dots \dots \dots (6)$$

طريقة العمل :-

- 1- خذ ورقة بيضاء وضعها على المنضدة ثم الصقها بواسطة شريط شفاف لاصق.
- 2- ضع الموشور المراد حساب زاوية الانحراف الصغرى له على هذه الورقة وحدد موقعه بقلم الرصاص لتحصل على المثلث ABC الموضح في الشكل (1)
- 3- ارسم عمودا على وجه الموشور (AB) واستخدم المنقلة لرسم الشعاع (cd) ليصنع الزاوية (θ_1) ولتكن (60°) مع العمود المقام على السطح وهذا يمثل الشعاع الساقط
- 4- ثبت دبوسين على الشعاع cd في النقطتين f,e وانظر من خلال الوجه (AC) ثم ثبت دبوسين آخرين في الموقعين بحيث أن الدبابيس الأربعة تكون على استقامة واحدة .
- 5- ارفع الموشور وابعده عن الورقة ثم صل بين النقطتين $f'e'$. ثم لنحصل على الشعاع الخارج ($d'c'$) من الشعاع الخارج نحو الخلف ليلتقي مع امتداد الشعاع الساقط مكونا زاوية الانحراف (δ) كما موضح في الشكل (1) ثم استخدم المنقلة لقياس هذه الزاوية وسجل قيمتها وقيمة زاوية السقوط (θ_1) المقابلة لها .
- 6- اعد الخطوات 3، 4، 5 مستخدما زوايا سقوط أخرى مثل 25° ، 30° ، 55° وسجل قيم زوايا الانحراف (δ) في جدول مع قيم زوايا السقوط المقابلة لها.
- 7- ارسم شكلا بيانيا بين قيم زوايا السقوط (θ_1) كمحور للسينات وقيم زاوية الانحراف (δ) كمحور للصادات ومن الشكل البياني جد زاوية الانحراف الصغرى (δ_m) كما موضح في الشكل (2)
- 8- استخدم المنقلة لقياس زاوية رأس الموشور (A) للمثلث (ABC) (وبالتالي من الممكن حساب معامل الانكسار (n) من العلاقة (6)



الأسئلة :-

1. عرف زاوية الانحراف الصغرى للموشور.
2. احسب نسبة الخطأ المنوي لمعامل الانكسار
3. هل تتغير زاوية الانحراف الصغرى مع نوع المادة المصنوع منها الموشور؟
4. ماذا تتوقع أن يحدث عندما يسقط الشعاع الضوئي عموديا على أحد أوجه الموشور ؟
جرب ذلك عمليا.

تجربة (43)

قياس قطر حبيبات اللوكيديوم

Diameter measurement of (La) grains

الغرض من التجربة :- ايجاد قطر حبيبات اللوكيديوم

مقدمة :

لظاهرة الحيود بالفتحة الدائرية راجع حيود فرانوهوفر في كتاب منهجي في البصريات) أهمية كبيرة في الفيزياء نظراً لاستخدامها في تحديد قدرة التحليل للأجهزة البصرية مثل التلسكوب و الميكروسكوب ... إلخ.

النظرية

أول من درس ظاهرة الحيود بالفتحة الدائرية وحل المعادلات الخاصة بها هو جورج أيري George Airy و استخدم أيري دالة معروفة تعرف بدالة بسل Bessel function من المرتبة الأولى للحصول على دالة توزيع الشدة في نمط الحيود بالفتحة الدائرية وتكون الدالة بالصيغة الرياضية الآتية :

$$I = I_0 \left(\frac{2J(\gamma)}{\gamma} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

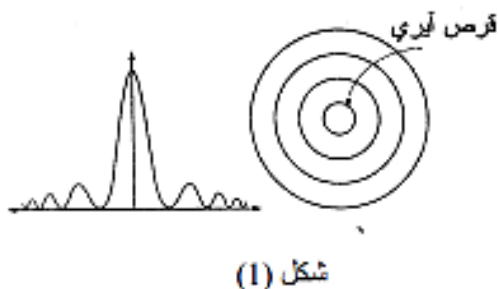
حيث إن $\gamma = \frac{1}{2} k d \sin \theta$ و I_0 شدة الهدبه المركزية والتي تعرف بقرص آيري Airy d disc قطر الفتحة الدائرية المستخدمة و $J(\gamma)$ هي دالة بسل من الرتبة الأولى ويعبر عنها بالسلسلة الآتية :

$$J(\gamma) = \frac{\gamma}{2} - \frac{\left(\frac{\gamma}{2}\right)^3}{1.2!} + \frac{\left(\frac{\gamma}{2}\right)^5}{1.2^2 \cdot 3!} - \dots + \dots$$
$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{J_1(\gamma)}{\gamma} = \frac{1}{2}$$

وعليه $I = I_0$ تمثل الشدة المركزية عند الزاوية $\theta = 0$ وتتوزع الأهداب بالتناظر على طرفي قرص أيري وتحدث النهاية الأدنى الأولى عند $\gamma = 3.832$ كما موضح في الشكل (1). ونلاحظ أن شدة الهدية المركزية تتناقص تدريجياً إلى أن تصل إلى صفر عندما

$$\gamma = \frac{1}{2} k d \sin \theta = 3.832$$

أو عندما :



$$d \sin \theta = 1.220 \lambda \dots \dots \dots (2)$$

وعندما تكون الزاوية θ صغيرة جداً فإن :

$$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

تكون هذه المعادلة صحيحة للعوائق الدائرية أيضاً.

نأخذ في هذه التجربة حبيبات الليكوديوم كعوائق دائرية للحصول على نظام هدي ونستخدم الظاهرة بعدئذ لحساب قطر الحبيبة.

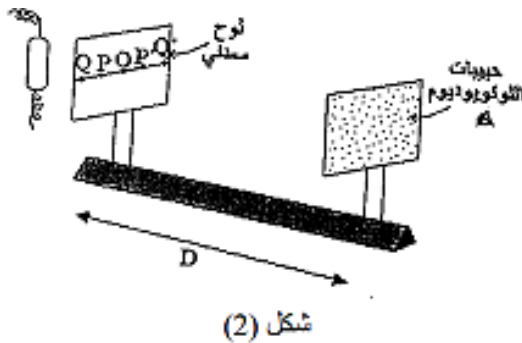
الاحزمة والادوات المستخدمة:

مصباح الصوديوم، صفيحة معدنية فيها ثقب صغير جداً وذات مسافات متساوية ، شريحة زجاجية ، مسحوق الليكوديوم، حاملات معدنية ومسطرة مترية .

خطوات العمل :-

- 1- رتب الأجهزة كما موضح في الشكل (2) وأنظر من خلال الشريحة الزجاجية التي عليها مسحوق الليكوبديوم ستشاهد حلقات دائرية بسبب الحيود لحبيبات الليكوبديوم.
- 2- اضبط مركز قرص أيري على الثقب المركزي للمعدن وحرك الشريحة الزجاجية أماماً وخلفاً إلى أن ينطبق محيط الحلقة المظلمة الأولى على الفتحتين الجانبيتين p, p وقس المسافة بين الشريحة الزجاجية والفتحة الدائرية D .
- 3- حرك الآن الشريحة الزجاجية مبتعداً عن اللوح المثقوب إلى أن ينطبق محيط الحلقة المظلمة الأولى على الثقبين Q, Q وقس لمرة ثانية المسافة D .
- 4- كرر الخطوة السابقة عدة مرات للحصول على أقطار مختلفة للحلقة المظلمة الأولى وسجل المسافة D المناظرة لكل قطر.
- 5- رتب نتائجك كما يلي:

r (m)	D (m)
....	
....	
....	



- 6- أرسم العلاقة بين r على المحور الصادي و D على المحور السيني. ثم أوجد ميل الخط المستقيم :

$$1.22 \frac{\lambda_{Na}}{d} = \text{ميل الخط المستقيم}$$

بمعرفة الطول الموجي للضوء المستخدم (λ) يمكننا إيجاد (d) والذي يمثل قطر حبيبة الليكوبديوم.

$$\lambda_{Na} = 589.3 \text{ nm}$$

ملاحظة :

إضافة:

كرر عمل التجربة وذلك باستخدام الحلقة المظلمة الثانية وأرسم العلاقة على نفس الورقة البيانية ، ولكن في هذه الحالة استخدم العلاقة :

$$\theta_{min} = 2.23 \frac{\lambda}{d}$$

الاسئلة :

- المقصود بالحيود؟
- ما الفرق بين الحيود من شق منفرد والفتحة الدائرية؟
- وضع حد رايلي (Rayleigh Criterion) .
- أستخدم المعادلة (3) لإيجاد قدرة تحليل عينيك إذا علمت أن متوسط الطول الموجية للضوء المرئي

550 mm وقطر بؤبؤ العين 2mm

نبذة عن جهاز المطياف (مقياس الطيف) Spectrometer

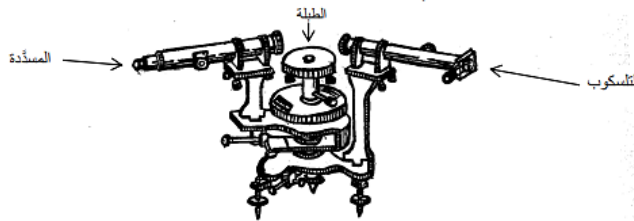
المطياف :

جهاز بسيط يستخدم في مختبرات البصريات لأغراض متعددة منها دراسة المحتوى الطيفي للضوء ويتكون المطياف من ثلاثة أجزاء رئيسية . انظر الشكل (1):

1- **مجمع الحزمة Collimator** : يتكون مجمع الحزمة من أنبوبة في بدايتها شفا متغيرا وفي نهايتها عدسة لا لونية ويوجد على جانب الأنبوبة برغي screw لتغيير المسافة بين العدسة والشق. ويستخدم المجمع للحصول على حزمة ضوئية متوازية .

2- **منضدة الموشور Prism Table**: وهي قاعدة معدنية أفقية قابلة للدوران حول محور عمودي ومزودة بثلاثة مسامير للتسوية ويمكن السيطرة على ارتفاع المنضدة من خلال برغي جانبي يستخدم عادة لتثبيت المنضدة على الارتفاع المرغوب.

3- **التلسكوب أو المنظار Telescope** : يتكون التلسكوب من أنبوبة معدنية تشبه أنبوبة المجمع ومحورها الأفقي يكون في اتجاه منضدة الموشور ومثبت على ذراع قابل للدوران على مقياس دائري ويوجد في نهايتها القريبة من المنضدة عدسة تعرف بالعدسة الشينية وفي نهايتها الثانية عدسة عينية eye lens تكون عادة من نوع را مرسوم ومزودة بشعيرتين متقاطعتين. والمحور البصري لمجمع الحزمة والتلسكوب يتعامدان على محور الدوران لمنضدة الموشور ويدور التلسكوب أيضا حول مقياس دائري دقيق يمكن استخدامه لقياس الزوايا بحدود 30" .



Spectrometer : المطياف

The table spectrometer commonly employed in the laboratory has the following parts

(i) Collimator, (ii) Prism Table, (iii) Telescope.

شكل (1)

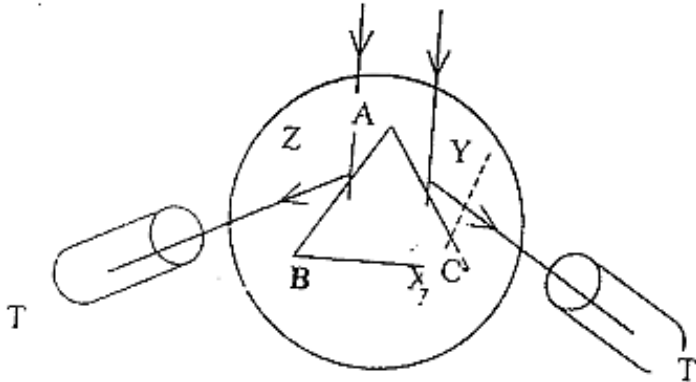
اعداد المطياف للعمل :-

قبل البدء بأي تجربة تحتاج إلى استخدام المطياف فيها عليك بإعداد المطياف بشكل جيد ويتم ذلك عادة بإتباع الخطوات الآتية :

1. **تنظيم وتوضيح الشعيرتين المتقاطعتين :** يمكن تعديل العدسة العينية بتحريكها إلى الأمام وإلى الخلف للتسكوب حتى يمكن رؤية الشعيرتين المتقاطعتين بصورة واضحة دون أي جهد في النظر

2. **تنظيم التلسكوب :** يمكن تنظيم التلسكوب بتوجيهه نحو جسم بعيد خلال نافذة المختبر، وتغيير برغي الرؤية الواضحة الموجود بجانب الأنبوبة حتى تنطبق صورة الجسم البعيد مع الشعيرتين المتقاطعتين.

3. **تسوية منضدة الموشور :** تحوي منضدة الموشور ثلاثة مسامير أفقية x, y, z كما موضح في الشكل (2)، يوضع الموشور ABC على المنضدة بحيث يكون الوجه AC عموديا على الخط الواصل بين x, y ودور المنضدة بحيث تكون زاوية راس الموشور موجهة نحو المجمع، يسقط الضوء الاتي من الشق على وجهي الموشور AB و AC أدر التلسكوب ليستقبل الضوء المنعكس من الوجه AB وإستخدم المسامير x ، حتى ينطبق مركز صورة الشق مع مركز الشعيرتين أدر التلسكوب إلى الوجه AC وعدل المسامير z لينطبق مركز صورة الشق مع مركز الشعيرتين. أرجع التلسكوب إلى موقعه الأول وتأكد من عدم إزاحة الصورة عن مركز الشعيرتين واستمر بذلك إلى أن تقع صورة الشق على مركز الشعيرتين في كلا الوضعين.



شكل (2)

طريقة شوزتر Schuster Method:-

يمكن استخدام طريقة شوزتر عندما تكون الطريقة السابقة غير مجدية وخاصة في الليل. لإتباع هذه الطريقة يجب أن تجعل الشعيرتين المتقاطعتين واضحة ثم يوضع المؤشر على المنضدة ويدار إلى أن يتم رصد الشق بواسطة الضوء المار خلال المؤشر يجب أن يكون المؤشر عند زاوية أكبر من زاوية الانحراف الصغرى δ_m ويضبط التلسكوب إلى أن تكون صورة الشق واضحة. بما أن ليس عند زاوية الانحراف الصغرى هناك موقع آخر للمؤشر تظهر الصورة فيه داخل التلسكوب، ويتم تدوير المؤشر إلى أن نحصل على هذا الموقع ويتم الآن تعديل المجمع حتى تصبح صورة الشق واضحة تماما في كلا من موضعي المؤشر. وبذلك يتم تسوية المؤشر وتكون جاهزة للعمل.

الأسئلة:

- أذكر ثلاث استخدامات مختلفة للمطياف؟
- علام يتوقف لون الضوء. أعط مثلا لضوء أحادي اللون؟
- يحلل المنشور الضوء الأبيض إلى مركباته وضح ذلك بالرسم؟
- ما المقصود بزاوية الانحراف الصغرى للمؤشر . وما العلاقة بين هذه الزاوية وزاوية رأس المؤشر؟

التجربة رقم (44) قياس معامل انكسار زجاج الموشور باستخدام المطياف Spectrometer

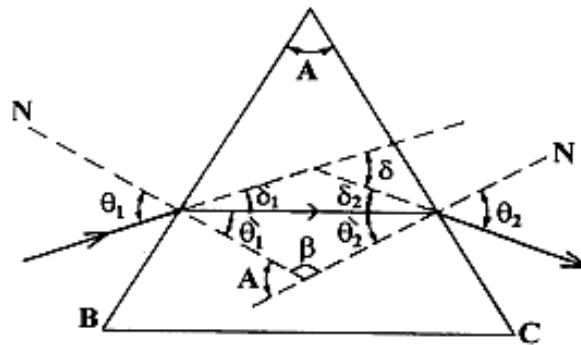
الغرض من التجربة:-

إستخدام المطياف، قياس معامل انكسار الزجاج (n) وقدرة الموشور على تفريق الضوء إلى مركباته

النظرية:-

يتكون أي موشور من سطحين يميل أحدهما عن الآخر بزاوية معينة مثل A تسمى بزاوية رأس الموشور بحيث تساعد على زيادة الانحراف الذي يسببه السطح الأول بالسطح الثاني، ويمثل السطح الثالث قاعدة الموشور يوضح الشكل (1) مسار شعاع ضوئي يسقط بزاوية θ_1 ويخرج من الموشور عند سطح الثاني بزاوية θ_2 . ويتبع الشعاع عند السطحين قانون سنيل

Snell's law



شكل (1)

يعتمد الانحراف الكلي للشعاع عن مساره على زاوية السقوط ومعامل انكسار - refractive index مادة الموشور n والطول الموجي للضوء المستخدم والزوايا التي تحدد مسار الشعاع

داخل الموشور موضحة في الشكل (1) . نلاحظ من الشكل ان زاوية الانحراف الكلية (δ) هي الزاوية المحصورة بين اتجاه الشعاع الساقط واتجاه الشعاع النافذ وتساوي حاصل جمع الزاويتين δ_1 و δ_2 عند السطحين AB و AC على التوالي.

باستخدام قانون سنييل:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_1 \text{ (السطح AB)}$$

حيث n و n معامل الانكسار لكل من الهواء والزجاج على التوالي ، 10° زاوية السقوط و 0° ، زاوية الانكسار وكذلك:

$$n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_2 \text{ (السطح AC)}$$

ومن الشكل نفسه نجد ان :

$$\delta_1 = \theta_1 - \theta_1 \dots \dots (3)$$

$$\delta_2 = \theta_2 - \theta_2 \dots \dots (4)$$

وكذلك

$$\beta = 180^\circ - (\theta_1 + \theta_2) \dots \dots (5)$$

$$= 180^\circ - A$$

حيث

$$A = \theta_1 + \theta_2 \dots \dots (6)$$

وزاوية الانحراف الكلية δ :

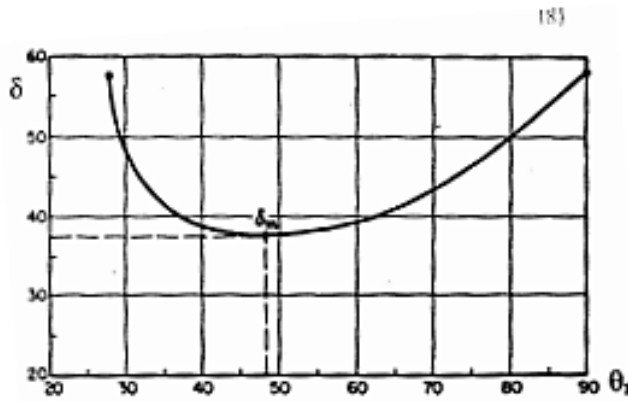
$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \dots \dots (7)$$

عند ملاحظة الشعاع النافذ المنكسر وتدوير الموشور في اتجاه واحد حول محور يمر في مركز الموشور ويوازي السطح الكاسر ، نجد أن زاوية الانحراف δ تتناقص تدريجيا وتصل إلى نهايتها الصغرى ثم تزايد مرة ثانية. وإذا رسمنا العلاقة بين زاوية السقوط θ_1 وزاوية الانحراف δ

تكون كما هي موضحة في الشكل (2) تحدث أصغر زاوية انحراف عند زاوية سقوط معينة تعرف هذه الزاوية بزاوية الانحراف الصغرى δ_m عند هذه الزاوية الخاصة تكون زاوية السقوط مساوية لزاوية الانكسار للشفاع النافذ من الموشور أي تكون

$\theta_1 = \theta_2$ و $\theta_1 = \theta_2$ و $\delta_2 = \delta_1$. وتصبح العلاقة (7) بالصيغة الآتية :

$$\delta_m = 2\theta - 2\theta' \dots \dots \dots (8)$$



شكل (2)

ومن العلاقة (6) :

$$A = 2\theta' \dots \dots (9)$$

ومن العلاقتين (8) و (9) نجد أن :

$$\theta' = \frac{A}{2} \qquad \theta = \frac{\delta_m + A}{2}$$

ومن العلاقة رقم (1) حيث $n_1 = 1$ نجد أن :

$$n_2 = \frac{\sin[(A + \delta_m)/2]}{\sin \frac{A}{2}} \dots \dots \dots (10)$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

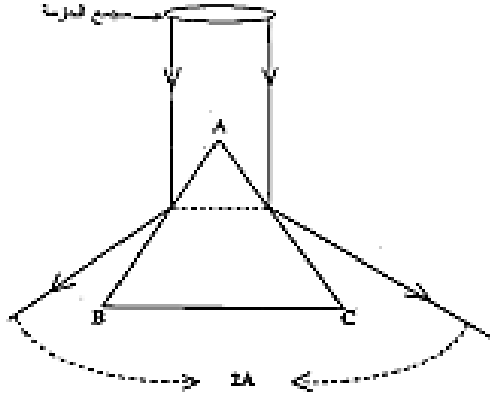
المطياف spectrometer، الموشور Prism مصباح الصوديوم، أنبوبة تفريغ الهيدروجين، عدسة مكبرة.

خطوات العمل :

1- اجعل الموشور مستويا تجربة رقم (1) وأدر منضدة الموشور بحيث تكون زاوية رأس الموشور A تواجه مجمع الحزمة كما موضح في الشكل (3) والحزمة الآتية من مجمع الحزمة تسقط على الوجهين AB و AC

2 - أرصد صورة الشق المنعكس من السطح AB واضبط موضع التلسكوب حتى ينطبق مركز الشعيرتين مع مركز صورة الشق وسجل موقع التلسكوب وليكن عند θ_1 وكرر العملية بالنسبة للسطح AC وليكن موقع التلسكوب عند الزاوية θ_2 وبذلك تكون زاوية رأس الموشور تساوي :

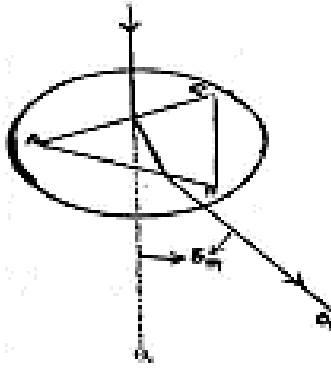
$$A = \frac{1}{2}(\theta_1 - \theta_2) \dots \dots \dots (11)$$



شكل (3)

3- قياس زاوية الانحراف الصغرى δ_m اضبط التلسكوب و الموشور بحيث يستقبل التلسكوب صورة الشق بعد الانكسار من الموشور كما موضح في الشكل (4) أدر منضدة الموشور، وراقب بشكل مستمر صورة الشق في مجال النظر للتلسكوب إلى أن تصل لنقطة معينة يتغير فيها اتجاه حركة صورة الشق بحيث يجب تدوير التلسكوب بعكس الاتجاه للمحافظة على موقع صورة الشق عند الوصول إلى هذه النقطة ثبت كلاً من منضدة الموشور والتلسكوب واضبط مركز الشعيرتين للتلسكوب على نقطة الانقلاب بحيث عند تدوير المنضدة باتجاه معين تنطبق صورة الشق على مركز الشعيرتين المتقاطعتين ثم ندور باتجاه معاكس مرة ثانية وسجل قراءة هذه الزاوية ولتكن θ_1 أرح الموشور ولاحظ الشق خلال التلسكوب مباشرة وسجل قراءة الورنية مرة ثانية ولتكن والفرق بين الزاويتين θ_1 و θ_0 هي زاوية الانحراف الصغرى δ_m .

4- أحسب معامل انكسار الموشور من العلاقة رقم (10) .



شكل (4)

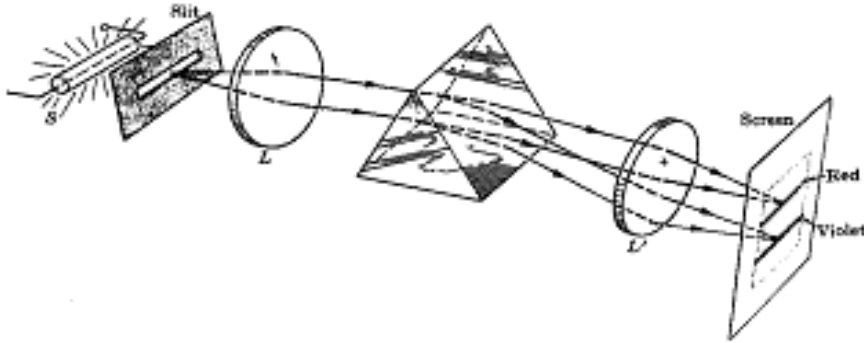
إضافة : يمكنك قياس قدرة تفريق الزجاج (Dispersion power of glass) وذلك باستبدال ضوء الصوديوم بضوء أنبوبة الهيدروجين وملاحظة الطيف الناتج من مصدر هيدروجين خاصة الخطوط القوية مثل: الخط الأحمر C والخط الأزرق F في الطيف ثم أوجد زاوية الانحراف الصغرى δ_m للخطين بنفس الطريقة التي وجدت بها زاوية الانحراف الصغرى لضوء الصوديوم. بذلك يمكن إيجاد قدرة تفريق زجاج الموشور (w) من العلاقة الآتية :

$$w = \frac{\delta_f - \delta_c}{\delta_D} \quad (12) \dots\dots\dots$$

حيث δ_D زاوية الانحراف الصغرى بالنسبة لضوء الصوديوم.

الأسئلة:

- اذكر ثلاث إستخدامات للموشور الزجاجي.
- ارسم مسار الشعاع داخل الموشور عند زاوية 45^0 .
- موشور زاوية راسه (60^0) و زاوية انحراف الصغرى للضوء الأزرق 43.6 ، اوجد (a) معامل انكسار مادة الموشور .
- (b) زاوية الانكسار .
- (c) زاوية السقوط .
- ما المقصود بقدرة التفريق وقدرة التحليل للموشور ؟ وما الفرق بينهما .



شكل (5)

آلية استخدام الموشور للتحليل الضوئي

S : مصدر ضوئي ، L, L' عدسات ، شق ، موشور

التجربة رقم (45)

استقطاب الضوء

Polarization of light

الغرض من التجربة :-

1. تحقيق قانون مالوس .

2. دراسة حالات الإستقطاب للضوء .

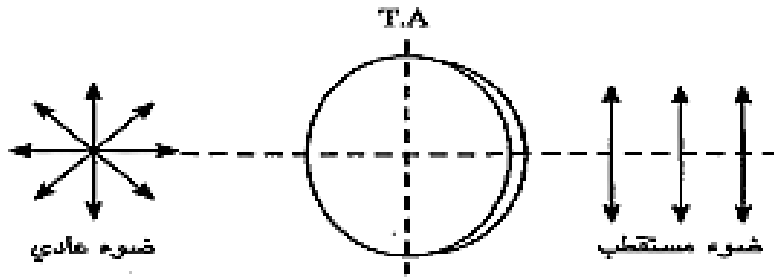
مقدمة :

توضح لنا النظرية الكهرومغناطيسية أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ناتجة عن تذبذب المجالين الكهربائي E والمغناطيسي B وتكون المركبتان عموديتان على اتجاه انتشار الموجة يؤخذ عادة المجال الكهربائي بنظر الاعتبار بسبب تأثيره الواضح على المجسات الضوئية والعين والضوء العادي كضوء الشمس وضوء مصابيح التنجستن المستخدمة في البيوت يكون عادة ضوءا غير مستقطبا ويرجع سبب ذلك إلى أن مصادر هذه الأضواء بتكون من عدد كبير من الذرات المتذبذبة في اتجاهات عشوائية. وبذلك يكون تذبذب المجال الكهربائي E للموجات المنبعثة عشوائيا، أما في الضوء المستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي E في مستوى واحد ويكون الاستقطاب على أنواع مختلفة مثل: الاستقطاب الخطي، الاستقطاب الدائري، الاستقطاب الإهليلجي.

وصف الأجهزة :-

لوح الاستقطاب المستقطب) عبارة عن شريحة شفافة من بلورة ذات خاصية الامتصاص الانتقائي لأحد المركبتين المتعامدتين في الضوء العادي كما موضح في الشكل (1) والمحور

الذي يسمح بمرور الضوء يعرف بمحور النفاذية Transmission Axis. ومن المواد التي تصنع منه لوح الإستقطاب التورمالين والبولارويد.



شكل (1)

لوح ربع موجي Quarter wave plate :-

آلة بصرية بسيطة تستخدم للكشف عن حالات استقطاب الضوء وتصنع من بلورات ثنائية الانكسار مثل الكوارتز والمايكا ويضبط سمك البلورة بحيث يحدث تغيراً في المسار البصري بين الشعاع العادي والشعاع غير العادي قدره $4/\lambda$ وعندما يكون سمك البلورة بحيث يغير فرق المسار بين الشعاعين $\lambda/2$ يدعى اللوح بلوح نصف موجي half wave plate.

النظرية :-

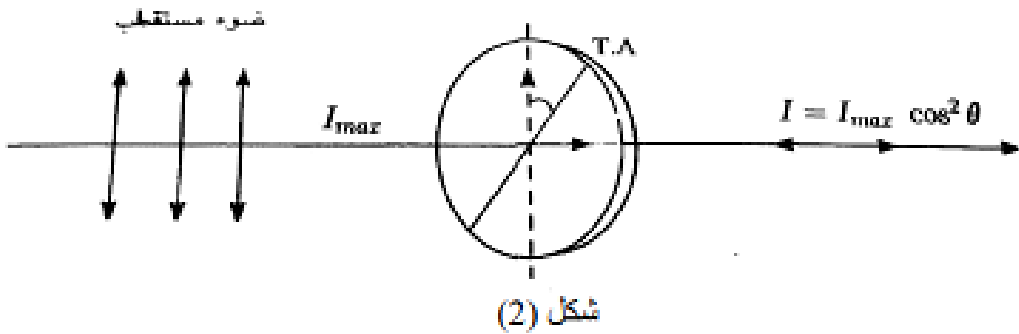
قانون مالوس Malus law

يهتم قانون مالوس بالتغير الحاصل في شدة الضوء النافذ في اللوح المحلل بدلالة الزاوية بين محور النفاذية (T.A) للمحلل مع محور النفاذية للوح الاستقطاب إذا نظرنا مثلاً مباشرة إلى حزمة مستقطبة استقطاباً عمودياً شكل (2) وبفرض أن الضوء يسقط على لوح إستقطاب ثان ، الذي يعرف عادة بلوح المحلل Analyzer بحيث محور نفاذه (T.A) يعمل مع إتجاه السعة E_0 زاوية θ (الحزمة الموضحة في شكل (2) . تتحلل السعة E_0 إلى مركبتين متعامدتين $\sin \theta$

$E_0 \cos \theta$ و $E_0 \cos^2 \theta$ يسمح المحلل بنفاذ المركبة $E_0 \cos^2 \theta$ بينما لا يسمح بنفاذ المركبة $\sin \theta$ E_0 وبما أن شدة الضوء تتناسب مع مربع السعة فتكون الشدة النافذة من المحلل هي:

$$I = I_{max} \cos^2 \theta \dots \dots \dots (1)$$

حيث I_{max} شدة الضوء الساقط على المحلل وتساوي نصف شدة الضوء الساقط أصلاً على لوح المستقطب وتعرف المعادلة (1) بقانون مالوس Malus law وعلى الطالب أن يحقق هذه المعادلة في هذه التجربة.



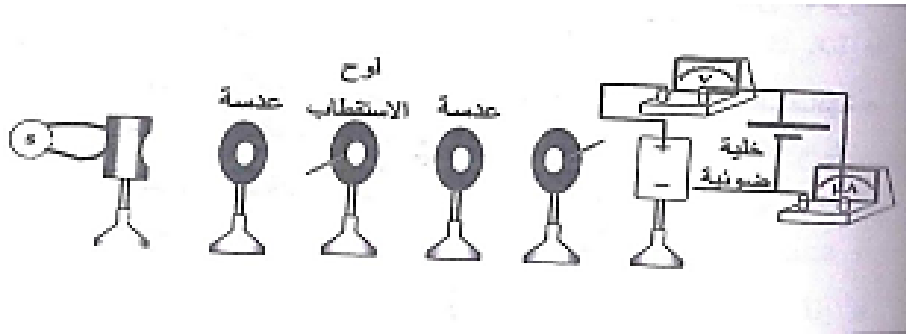
الأجهزة والأدوات المستخدمة :-

مصدر ضوء عادي، عدسة محدبة عدد 2 لوح الإستقطاب ولوح المحلل، خلية ضوئية، ميكروأميتر، مجهز الجهد المستمر.

خطوات العمل :

لتحقيق قانون مالوس يجب أن تتبع الخطوات الآتية :

1. رتب الأجهزة البصرية كما هو موضح في الشكل (3).
2. شغل المصباح بتوصيله بالمصدر الكهربائي وأتركه لمدة 5 دقائق قبل البدء بأخذ القراءات.
- وأرصف الأجهزة البصرية بحيث يسقط الضوء على الخلية الضوئية.



شكل (3)

3. ثبت مؤشر التدرج لكل من المستقطب والمحلل على الصفر بذلك يكون محوري النفاذية لهما متوازيان وتكون شدة الضوء النافذ أعلى ما يمكن لتكن I_{max}

4. دور لوح المحلل تدريجيا بخطوات كل خطوة 10° إلى 180° وسجل قيمة التيار المسجل بالميكروأمبير لكل خطوة ودون قراءاتك في الجدول الآتي:

ملاحظة : I_{max} يمثل التيار عندما تكون الزاوية بين محور النفاذية للمستقطب والمحلل تساوي 90° .

$\dot{I}_{max} = I_{max} - I_{min}$				
$\cos^2 \theta$	$\cos \theta$	$\frac{(I - I_{min})}{I_{max}}$	$I_{\mu A}$	θ

5. أرسم العلاقة بين $I/\dot{I}_{max}$ والزاوية بين محوري النفاذية للمستقطب والمحلل θ بيانيا.

6. وأرسم العلاقة بين $(I - I_{min})/\dot{I}_{max}$ و $\cos^2 \theta$ وسجل ملاحظاتك على المنحنيات المتحصلة.

إضافة :-

يمكن دراسة حالات إستقطاب بتتبع الخطوات الآتية :

1. رتب الأجهزة كما في تجربة تحقيق قانون مالوس وثبت اللوح $\lambda/4$ بعد المستقطب مباشرة.
2. إجعل الزاوية $\emptyset$ بين المحور البصري للوح $\lambda/4$ ومحور النفاذية للمستقطب يساوي صفر.
3. غير الزاوية θ بين المستقطب والمحلل من الصفر إلى (180°) وسجل قراءة الميكرو أميتر المقابلة في هذه الحالة يكون الضوء مستقطب استقطابا خطيا.
4. اجعل $\emptyset$ مساوية لـ 20° وغير الزاوية θ بين المستقطب والمحلل وارسم العلاقة بين الزاوية θ وقراءة الميكرواميتر I في احداثيات قطبية مستوية في هذه الحالة يكون الضوء مستقطب استقطابا ببيضاويا.
5. اجعل $\emptyset$ مساوية لـ 45° وكرر الخطوة 4. ثم أرسم العلاقة بين θ والشدة I في إحداثيات قطبية مستوية في هذه الحالة يكون الضوء النافذ مستقطب دائريا.

الأسئلة :

- أذكر ثلاث طرق مختلفة للحصول على ضوء مستقطب!
- كيف يمكنك عمليا التمييز بين الضوء العادي والضوء المستقطب إذا كان لديك لوح الإستقطاب ؟
- إذا كانت شدة الضوء الساقط على المستقطب الخطي هي I_0 كم تكون الشدة النافذة في المستقطب بدلالة شدة الضوء الساقط؟
- إذا سقط الضوء المستقطب الناتج من السؤال السابق على لوح مستقطب ثان وكانت الزاوية بين محوري النفاذية للوحين هي 45° كم تكون شدة الضوء النافذ من اللوح الثاني؟
- هل يمكن إستقطاب الموجات الصوتية ؟ ولماذا؟

التجربة رقم (46) حيود فرانهوفر بشق أحادي

Fraunhofer diffraction from a single slit

الغرض من التجربة :

- دراسة توزيع الكثافة الضوئية لنمط حيود فرانهوفر وحساب الطول الموجي المستخدم
- تحقيق مبدأ اللادقة (uncertainty Principle) لهايزنبرك

النظرية :

عندما تمر حزمة ضوئية على حافة مستقيمة مثل شفرة الحلاقة أو من شق ضيق فإنها تنتشر إلى حد ما في منطقة الظل الهندسي للعائق. وهذا يدل على أن الضوء يحيد عن مساره المستقيم ولا يمكن فهم حيود شعاع الضوء عن مساره إلا بفرض أن للضوء خاصية موجية. ويمكن تصنيف ظاهرة الحيود إلى صنفين رئيسيين وهما حيود فرانهوفر Fraunhofer diffraction وحيود فرنيل Fresnel diffraction. يظهر حيود فرانهوفر عندما تكون المسافة بين مصدر الضوء والشاشة التي يظهر عليها نمط الحيود علي بعد لانهائي من الشق المسبب للحيود. إما حيود فرنيل يظهر عندما يكون المصدر أو الشاشة أو كلاهما علي بعدين محددين عن الشق. يكون الحيود في هذه التجربة من نوع، فرانهوفر، ويمكن الإثبات بأن توزيع شدة الضوء لنمط حيود فرانهوفر بشق أحادي يتبع العلاقة الآتية :

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن I_0 الشدة المركزية للنمط و $\beta = \frac{1}{2} kb \sin \theta$ و b عرض الشق $k = 2\pi/\lambda$ و θ زاوية حيود الشعاع عن مساره . يوضح الشكل (1) تغيير الشدة مع الزاوية β ويكون شرط النهاية الصغرى لنمط التداخل :

$$\beta = \frac{1}{2} kb \sin \theta = m\pi \dots \dots \dots (2)$$

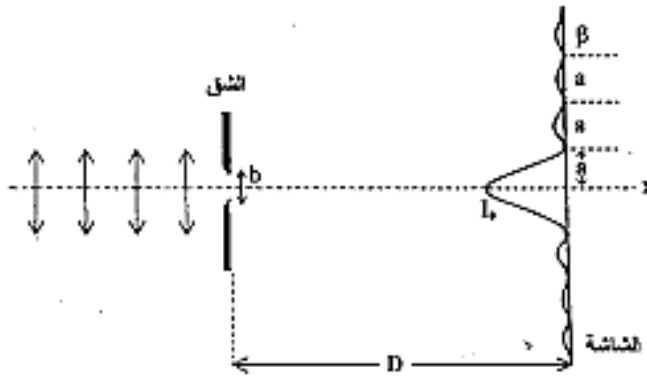
حيث $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ ولا يساوي صفر،

بأخذ $m=1$ و $k = 2\pi/\lambda$ و $\tan \theta \approx \sin \theta$

أي عندما تكون الزاوية θ صغيرة جدا تكون المعادلة (2) بالصيغة الآتية :

$$\lambda \cong b \frac{a}{D} \dots \dots \dots (3)$$

حيث إن D المسافة بين الشق والخلية الضوئية و a متوسط المسافة بين النهايات الصغرى المتتالية و d عرض الشق الأحادي.



شكل (1)

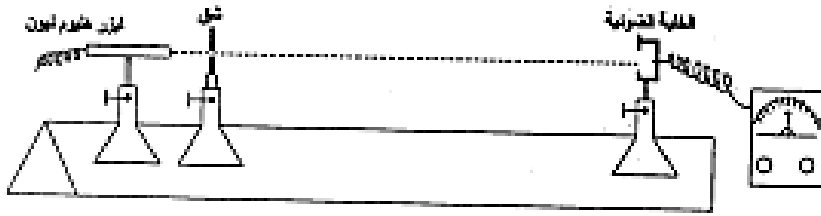
الاحهزة والادوات المستخدمة :-

شق متغير ، خلية ضوئية، ليزر هليوم نيون ميكرومتر .

خطوات العمل:-

1. رتب الأجهزة على السكة البصرية كما موضح في الشكل (2)
2. شغل ليزر هليوم نيون
3. اجعل عرض الشق القريب من الليزر بحدود 0.2 mm واجعل المسافة بين الشق الموجود أمام الليزر والشق المثبت علي الخلية الضوئية اكثر من 1m

4. حرك الميكرومتر المثبت عليه الشق والخلية الضوئية إلى أن يسجل الجلفانومتر أعلى قيمة للتيار. وتمثل هذه القيمة الشدة المركزية لنمط التداخل I_0 ثم سجل قراءة كل من الجلفانومتر والميكرومتر في أن واحد.



شكل (2)

5. حرك الميكرومتر ببطء باتجاه واحد وسجل قراءة التيار والميكرومتر وسجل القراءات في الجدول على النحو الآتي:

y							
I							

6. أرسم العلاقة بين الشدة I والمسافة a ويكون المنحنى كما موضح في الشكل (1) .
7. أحسب متوسط المسافة a كما موضح في الشكل (1) وقس المسافة D ثم أحسب الطول الموجي الضوء الليزر المستخدم ، ، وذلك باستخدام المعادلة (3).

b- تحقيق مبدأ اللادقة لهايزنبرك:

طبقاً لمبدأ اللادقة في ميكانيك الكم لا يمكن تحديد موقع وكمية حركة الجسيم آنية بدقة متناهية. وينص هذا المبدأ بأن حاصل ضرب اللادقة في موقع الجسيم Δy واللا دقة في كمية حركة الجسيم ΔP_y أكبر أو يساوي h حيث h ثابت بلانك، ويعطي بالصيغة الآتية :

$$\Delta y . \Delta P_y \geq h \dots \dots \dots (4)$$

ويكون مبدأ اللادقة بالنسبة للمتغيرات الفيزيائية الأخرى مثل :

$$\Delta E . \Delta t \geq h$$

و

$$\Delta \theta . \Delta p_{\theta} \geq h$$

حيث إن ΔE اللادقة في الطاقة و Δt اللاتقة في الزمن و $\Delta \theta$ اللادقة في موقع الزاوي للجسيم و Δp_{θ} . اللادقة في كمية الحركة الزاوية للجسيم.

يمكن الاستفادة من المنحني الذي حصلنا عليه في الجزء الأول من هذه التجربة لتحقيق المعادلة

(4)، وذلك بتحديد موقع النهاية الصغرى الأولى وقياس المسافة (a) .

تحدث النهاية الصغرى للتداخل عند:

$$\theta_n = \sin^{-1} \frac{n\lambda}{b}$$

حيث b عرض الشق و n الأعداد الصحيحة ... 3 ، ±2 ، ±1 = n تحدث النهاية

الصغرى الأولى عند

$n = 1$ وبذلك:

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{\lambda}{b}$$

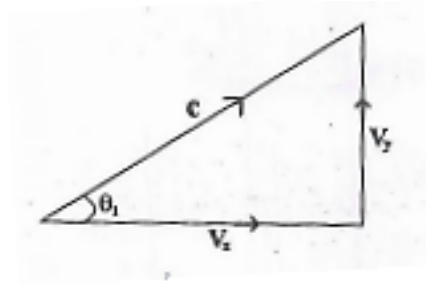
والآن عندما يمر سيلا من الفوتونات خلال الشق فيكون مقدار اللادقة في موقع الفوتونات

هو $b = \Delta y$ ونلاحظ أن الفوتونات التي تنتشر باتجاه x أي محور الشق - شكل (1) - بعد

مرورها خلال الشق يكون لها مركبة في الاتجاه V_y وكثافة التوزيع المركبة السرعة تعطي بتوزيع

الشدة الموضحة في الشكل (1) والحد الأدنى لمقدار اللادقة في السرعة شكل (3) يعطي بالعلاقة

$$\Delta V_y = c . \sin \theta \dots \dots \dots (5)$$



شكل (3)

بناءً على ذلك فإن مقدار اللاتقة في كمية الحركة هو :

$$\Delta p_y = m \Delta v_y = mc \cdot \sin \theta_1 \dots \dots \dots (6)$$

حيث m كتلة الفوتون و C سرعة الضوء. ومن فرضية دي - برولي De-Broyle كمية الحركة

P والطول الموجية للفوتون يرتبطان بالعلاقة :

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

بتعويض هذه المعادلة في معادلة (6) نجد أن :

$$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda} \sin \theta_1 \dots \dots \dots (7)$$

لدينا و $\Delta y = b, \left[\sin \theta_1 = \frac{h}{\lambda} \right]$ بتعويضهما في المعادلة (7) نحصل على الصورة الآتية:

$$\Delta y, \Delta p_y = h \dots \dots (8)$$

هذه هي صيغة مبدأ اللاتقة لهايزنبرك.

يمكن الآن الحصول على الزاوية عملياً من منحنى الشدة الذي سبق رسمه حيث:

$$\tan \theta_1 = \frac{a}{D}$$

أو

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{a}{D}\right)$$

بتعويض عن θ_1 في المعادلة (7) نحصل على الصورة الآتية :

$$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda} \sin(\tan^{-1} \frac{a}{D}) \dots \dots \dots (9)$$

وبالتعويض المعادلة (9) من المعادلة (4) نحصل على :

$$\frac{h}{\lambda} \sin(\tan^{-1} \frac{a}{D}) = 1 \dots \dots \dots (10)$$

وهكذا بقياس (a) و D و b وباستخدام المعادلة (10) يمكن تحقيق مبدأ اللادقة لها يزنبرك.

الأسئلة:-

- أثبت علاقة رقم (1).
- هل المسافات بين النهايات العظمى المتتالية في نمط الحيود متساوية ؟ تم وضع كيف يمكن تعيين مواقع هذه النهايات.
- أوجد النسبة بين شدة النهاية العظمى المركزية والنهاية العظمى الثانية. وكذلك النسبة بين شدة النهاية العظمى الأولى والثانية في نمط الحيود؟

تجربة رقم (47)

قياس طول موجة ضوء الصوديوم باستخدام حلقات نيوتن

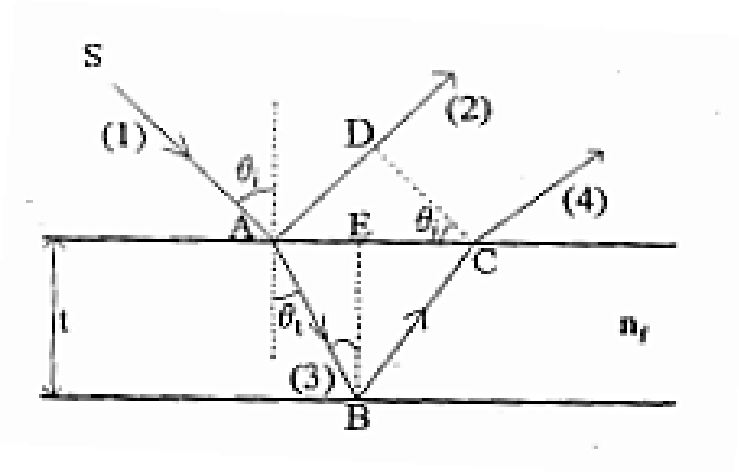
The measurement of wavelength of sodium light using Newton's rings

الغرض من التجربة :-

دراسة التداخل بالأغشية الرقيقة وقياس الطول الموجي باستخدام حلقات نيوتن.

النظرية:

تعتمد فكرة هذه التجربة على التداخل بالأغشية الرقيقة التي لها تطبيقات عملية كثيرة. يوضح الشكل (1) غشاء رقيق سمكه (i) ومعامل إنكساره (n_f) وله سطحين متوازيين، نفترض أن شعاعاً رفيعاً من المصدر (S) يسقط بزاوية (θ_i) على سطح الغشاء والسطحي الغشاء قابلية على عكس الأشعة الساقطة.



(شكل 1)

عندما يصطدم الشعاع (1) بالنقطة (A) على السطح الفاصل بين الهواء والغشاء فإنه ينقسم إلى شعاعين الشعاع المنعكس (2) والشعاع النافذ المنكسر (3) والذي ينعكس لاحقا عند الاصطدام بالنقطة (B) على السطح الداخلي ويخرج عند النقطة (C) على السطح العلوي شعاع (4) .

والجدير بالذكر أن الشعاع (2) يعاني إنعكاسا خارجيا ويتغير طوره بمقدار (π) بينما يكون الانعكاس عن السطح الداخلي إنعكاسا داخليا ولا يحدث أي تغير في الطور بعملية الانعكاس. فرق المسار (Δ) بين الشعاعين ، (2) (4) يعطى بالعلاقة الآتية :

$$\Delta = n_f(AB+BC)-AD \dots \dots \dots (1)$$

تلاحظ من الشكل (1) ان :

$$AB \approx BC = t \cdot (\cos \theta_t)^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

وكذلك نجد

$$\frac{AE}{EB} = \frac{AE}{t} = \tan \theta_t$$

أو

$$AE = t \cdot \tan \theta_t \dots \dots \dots (3)$$

و

$$AD = 2(AE) \sin \theta_i \dots \dots \dots (4)$$

من قانون سنيل :

$$\sin \theta_i = n_f \sin \theta_t \dots \dots \dots (5)$$

وعليه :

$$AD = 2 t \sin \theta_t \cdot \tan \theta_t \dots \dots \dots (6)$$

بتعويض المعادلتين (3) و(5) من المعادلة (1) نحصل على :

∴ شرط التداخل البناء :

$$\Delta = 2n_f t \cos \theta_t = m \lambda$$

(نفاذية عالية وانعكاس قليل جداً)

و شرط التداخل الهدام :

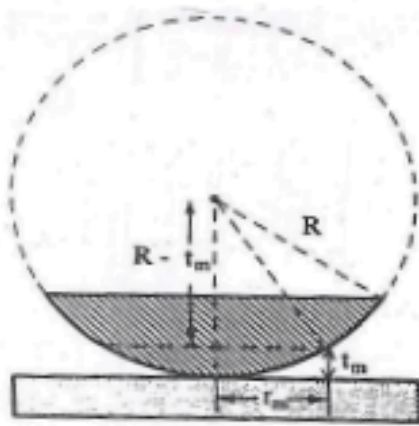
$$2n_f t \cos \theta_t = (2m + 1)\lambda \dots \dots (7)$$

(انعكاس عالي ، ونفاذية قليلة)

بما ان الشعاع (2) يعاني تغيرا في الطور نتيجة الانعكاس الخارجي عند النقطة (A) فان المعادلتين (6) ، (7) تتبادلان دوريهما اي تصبح معادلة (6) شرط التداخل الهدام ومعادلة (7) شرط التداخل البناء

يحدث التداخل في هذه التجربة بالغشاء الهوائي المتكون بوضع عدسة محدبة مستوية على قالب زجاجي - شكل (3) - بحيث يلامس سطح المحدب للعدسة سطح القالب الزجاجي عندما يسقط الضوء عموديا على هذه الترتيبة يحدث التداخل بين الاشعة المنعكسة من السطح المحدب والاشعة المنعكسة من السطح العلوي للقالب الزجاجي مكونا اهداب دائرية مركزها نقطة تماس سطح العدسة بسطح القالب الزجاجي .

للتعبير عن شرط التداخل الهدام بدلالة الابعاد الهندسية القابلة للقياس من الترتيبة نستعين بالشكل (2) . اذا كان R يمثل نصف قطر تكور السطح و A و B يتلامسان في المركز . هناك علاقة بين نصف قطر الحلقة r_m والسمك المناظر له (t_m) ونصف قطر التكور للعدسة (R).



شكل (2)

من نظرية فيثاغورس :

$$R^2 = r_m^2 + (R - t_m)^2 = r_m^2 + R^2 - 2Rt_m + t_m^2$$

أو

$$R = \frac{r_m^2 + t_m^2}{2t_m}$$

وبما أن

$$t_m \ll R$$

$$t_m = \frac{r_m^2}{2R} \dots \dots \dots (8)$$

وبالتعويض عن قيمة . في المعادلة (6) وبافتراض الضوء ساقط عموديا نحصل على العلاقة

:

$$r_m^2 = mR\lambda$$

أو

$$\left(\frac{D_m}{2}\right)^2 = mR\lambda$$

حيث D_m قطر الحلقة ذات الرتبة m

$$D_m^2 = 4 mR\lambda \dots \dots \dots (9)$$

سؤال / اثبت انه للأهداب المعتمة فان انصاف اقطارها تعطى بالعلاقات التالية

$$r \simeq \left(\frac{mR\lambda}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

λ - طول

r - نق هذب معتم ،

R -نق التكور للعدسة ،

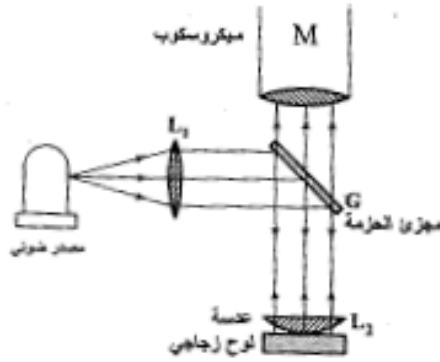
موجي .

الاجهزة والادوات المستخدمة:

عدسة محدبة مستوية ، عدسة محدبة بعدها البؤري 20 cm ، مصدر ضوء الصوديوم، لوح زجاجي، ميكروسكوب متحرك مجزئ الحزمة والذي عادة يكون لوح زجاجي.

خطوات العمل :

1. رتب الاجهزة كما هو موضح في الشكل (3) ويجب ان يكون أسطح العدسة واللوح الزجاجي نظيفة جدا .



شكل (3)

2. وجه حزمة ممتدة من ضوء الصوديوم إلى الترتيبة المتكونة من العدسة واللوح الزجاجي بواسطة مجزئ الحزمة (G) والذي يكون بزاوية 45° ويلاحظ أهداب التداخل من خلال الميكروسكوب (M) حاول أن توضح الأهداب بتعديل الميكروسكوب.

3. ثبت نقطة تقاطع الشعيرتين عند مركز الحلقات وسجل هذه القراءة من على الورنية، ثم حرك الشعيرتين عبر مجال النظر للميكروسكوب وعد الأهداب المظلمة إلى أن تصل إلى الهدية العشرون وسجل قراءة الورنية. ثم حرك الميكروسكوب نحو الحلقة المظلمة التالية مقتربا من مركز النظام الهدبي وسجل قراءة الورنية. وهكذا حتى تصل إلى الحلقة الأولى

وبعد ذلك أبدأ بالعكس أي من الحلقة الأولى إلى الحلقة 20 من اليمين ودون البيانات في الجدول الآتي:

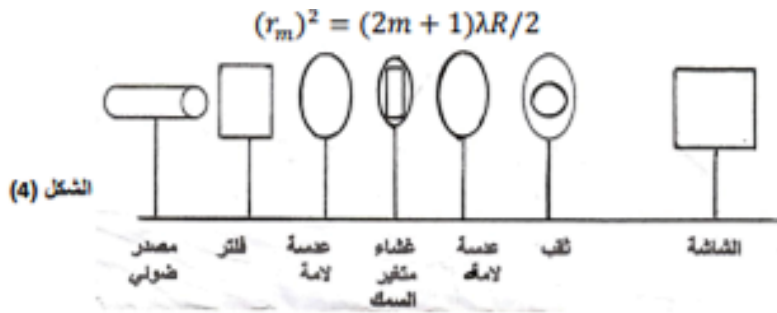
رقم الحلقة	قراءة الورنية من اليسار d_{1mm}	قراءة الورنية من اليمين d_{2mm}	قطر الحلقة $D=d_2-d_1$	d_{mm}^2
20				
19				
.				
.				
1				
2				
20				

5. قم نصف قطر إنحناء سطح العدسة المحدبة المستوية بواسطة الأسفير ومتر $R = mm$ ومن المعادلة (9): نجد إذا رسمنا D_m^2 على المحور الصادي و m على المحور السيني يكون ميل المستقيم $4 R \lambda =$ وبذلك :

$$\lambda = \frac{\text{الميل}}{4 R} mm$$

طريقة ثانية :-

- (1) ترتب الأجهزة كما في الشكل (4) .
- (2) يوضع المركز الضوئي لحلقات التداخل في منتصف المقياس الملمتري الذي يظهر على الشاشة
- (3) تقاس انصاف اقطار الحلقات المضيئة ابتداءً من الحلقة الثالثة
- (4) ترسم علاقة بيانية بين (r^2) على المحور العمودي و (m) على المحور الأفقي ثم يوجد الميل .
- (5) يتم ايجاد الطول الموجي (λ) للضوء المستخدم الذي ينفذ خلال الفلتر حسب المعادلة التالية بعد قسمة الميل على (R) مع العلم ان (R) هو نصف قطر تكور العدسة .



إضافات :-

1. استبدل ضوء الصوديوم بالضوء العادي و سجل ملاحظاتك على الحلقات المتكونة في مجال النظر.

2. يمكن استخدام هذه التجربة لتعيين معامل انكسار أي سائل شفاف وذلك بسكب السائل بين العدسة والشريحة الزجاجية فتكون العلاقة (9) بالصيغة الآتية :

$$\dot{D}_m^2 = \frac{R4\lambda}{n_l} m$$

حيث n_l معامل انكسار السائل. ويكون ميل المستقيم :

$$\frac{R4\lambda}{n_l} = \text{الميل}$$

وبذلك فإن :

الميل بدون وجود السائل

$$n_l = \frac{\text{الميل بدون وجود السائل}}{\text{الميل بوجود السائل}}$$

وعليه فإن معامل انكسار السائل يمكن قياسه بدون معرفة طول موجة الضوء المستخدم أو نصف قطر تكور العدسة (L_2) .

الأسئلة:-

1. ما فائدة العدسة (L_2) شكل (3) ولماذا يجب أن يكون نصف قطر التكور للعدسة (L_2)

كبيرا جدا؟

2. لماذا تكون البقعة المركزية مظلمة وكيف يمكن تحويلها إلى بقعة مضيئة؟

3. لماذا تكون الأهداب دائرية؟
4. لماذا تكون الاهداب دائرية وليست مستقيمة في هذه التجربة ؟
5. ما الشكل الذي تاخذه المعادلة (6) عندما يتم قياس قطر الحلقة بدل نصف قطرها ؟
6. ما هو تأثير استعمال الضوء الابيض بدل الضوء أحادي الطول الموجي ؟
7. اذا وضع سائل بين اللوح الزجاجي والعدسة ، فهل من الممكن حساب معامل انكسار السائل بدون الطول الموجي المستخدم ونصف قطر العدسة ؟
- إضافة:** الاستخدام المهم لحلقات نيوتن هو في فحص واختبار العدسات ففي حالة عدسة تكورها منتظم ، فالحلقات منتظمة ومركزية وفي حالة تكور غير منتظم ، فالحلقات ليست مركزية.
- ملاحظة :** نظرا لان اقطار الحلقات تعتمد على الطول الموجي فان الضوء الأبيض ينتج عددا قليلا فقط من الحلقات الملونة بالقرب من نقطة التلامس ، اما الضوء أحادي اللون فان النمط يكون على شكل اهداب مضيئة ومظلمة وتكون البقعة المركزية مظلمة عندما يكون التلامس مثاليا .

التجربة (48)

دراسة ظاهرة التداخل في الضوء

(a) بالشق الثنائي

(b) بالموشور الثنائي لفرنيل .

Study of the phenomena of interference of light by:

a. Double SLIT

b. Fresnel biprism

a. التداخل بالشق الثنائي ليونج :

الغرض من التجربة :-

دراسة ظاهرة التداخل في الضوء وقياس الطول الموجي للضوء المستخدم

النظرية :-

عندما تتراكب حزمتان ضوئيتان على بعضها وتتحركان في نفس الاتجاه فأن المحصلة النهائية للشدة تتحول وتختلف عن الجمع الجبري لشدتي الحزمتين على الانفراد. هذا التحويل في محصلة الشدة في نقطة معينة في الفضاء يسمى بالتداخل ، عندما تكون محصلة الشدة صفراً او اقل مما تتوقعها يعرف التداخل بالتداخل الهدام destructive interference وعندما تكون المحصلة أكبر من حال جمع الحزمتين يسمى. التداخل بالتداخل البناء constructive interference اذا افترضنا ان شدة الحزمتين المتداخلتين هي و على التوالي فأن الشدة الناتجة هي :

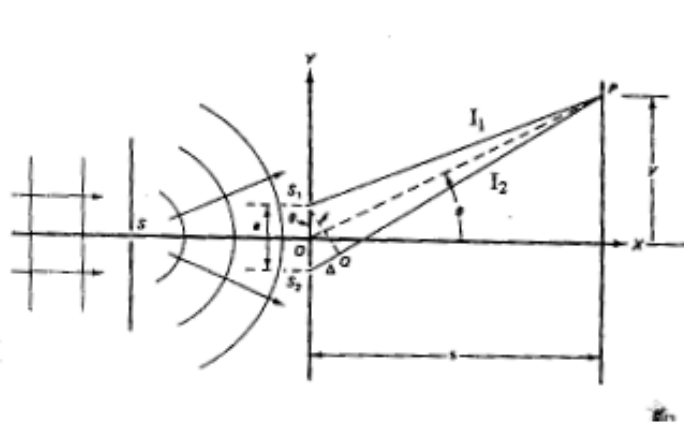
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \theta \dots \dots \dots (1)$$

الحد الأخير من هذه المعادلة يمثل حد التداخل وهذا الحد هو المسؤول عن ظهور الاهداب المضيئة والاهداب المظلمة و δ زاوية الطور بين الحزمتين . عندما تكون $(I_0 = I_1 = I_2)$ كما في تجربة الشق الثنائي ليونج ، تختزل المعادلة (1) الى الصيغة الآتية :

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\delta}{2}\right) \dots \dots \dots (2)$$

تلاحظ من هذه المعادلة ، عندما يكون فرق الطور $\delta = 2m\pi$ phase difference حيث m اعداد صحيحة تكون الشدة في نهايتها العظمى (الاهداب المضيئة bright fringe)

و $I = 4I_0$ ، وعندما يكون فرق الطور يساوي $\delta = (2m + 1)\pi$ فتكون الشدة في نهايتها الصغرى (الاهداب المظلمة) و $I_{min} = 0$. ولدينا $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$ حيث λ الطول الموجي Δ و فرق المسار بين الشعاعين I_1 و I_2 ونلاحظ من الشكل (1) ان فرق المسار بين الشعاعين Δ يساوي $\Delta = a \sin \theta$ وعليه :



شكل (1)

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi a y}{\lambda s}\right) \dots \dots \dots (3)$$

حيث a مسافة بين الشقين وحيث s لمسافة بين الشقين والشاشة و y المسافة العمودية عن المحور البصري . تمثل المعادلة (3) توزيع نمط الشدة على الشاشة ، وشرط التداخل البناء للمعادلة (3)

$$\frac{\pi a y}{\lambda s} = m$$

أو

$$y_m = \frac{m \lambda s}{a} \dots \dots (4)$$

حيث ارتفاع الهدية y_m عن المحور البصري وبالطريقة نفسها ارتفاع الهدية المضينة التالية هو :

$$y_{m+1} = \frac{(m+1)\lambda s}{a} \dots \dots (5)$$

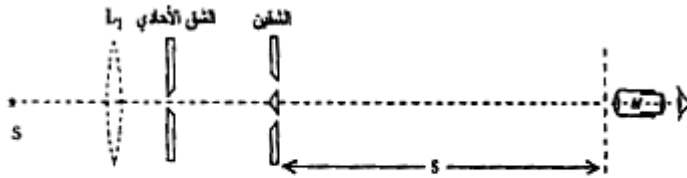
ب طرح المعادلة (4) من المعادلة (5) نجد المسافة بين هدتين مضينتين هي :

$$\Delta y = \frac{\lambda s}{a} \dots \dots (6)$$

يمكن استخدام هذه المعادلة لقياس الطول الموجي λ وذلك بمعلومية كل من المسافة بين الشاشة والشقين (s) والمسافة بين الشقين a وعرض الهدية Δy على الشاشة .

خطوات العمل :

1. رتب الأجهزة كما موضح في الشكل (2) وتأكد من ترصيف الأجهزة بشكل جيد .(يتم اختيار المسافة بين الشاشة والشقين s بناءً على المسافة بين الشقين. مثلاً عندما تكون المسافة بين الشقين 1mm تكون المسافة بين الشقين والشاشة بحدود 1 m .



شكل (2)

2. يمكن مشاهدة الاهداب باستخدام العدسة العينية للميكروسكوب متحرك عندما يكون الضوء المستخدم ضوء الصوديوم، ويمكن التقاط الاهداب على الشاشة عند استخدام ليزر الهليوم نيون كمصدر ضوئي .

3. قس عرض الهدبة (Δy) وذلك ببتبيت شعيرتي العدسة العينية على مركز هدية مظلمة معينة وسجل قراءة الورنية ولتكن (y_2) ثم ابدأ بعد الاهداب باستخدام الشعيرة المتحركة الى ان تصل مركز الهدية المظلمة العاشرة وسجل قراءة الورنية ثانية ولتكن (y_1) . أوجد Δy حيث

$$\Delta y = \frac{y_2 - y_1}{10}$$

4. قس المسافة بين الشاشة والشقين وكذلك المسافة بين الشقين باستخدام الميكروسكوب (المتحرك) ثم أوجد الطول الموجي المستخدم باستخدام المعادلة (6).

b - التداخل بموشور الثنائي لفرنيل :-

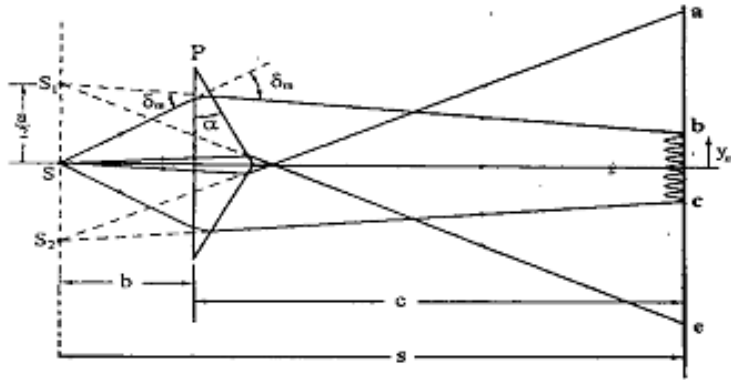
الغرض من التجربة :-

دراسة ظاهرة التداخل في الضوء باستخدام مصدرين وهميين وقياس الطول الموجي المستخدم.

النظرية:

تطبق نظرية الشق الثنائي لـ يونج التي سبق شرحها في الجزء (a) على هذه التجربة والجديد في هذه التجربة هو أن شقي تجربة يونج يعوض بشقين وهميين كما موضح في الشكل (3) يتكون صورتين وهميتين للشق S بانكسار الضوء الآتي من الشق من الموشورم وبسبب تراكم الحزمتين ac و be شكل (3) تظهر الاهداب في الـ المنطقة المحصورة بين 6 ون وتوزيع نمط الشدة يكون كما كان في تجربة الشق الثنائي وتتبع العلاقة (3) ويمكن قياس الطول الموجية لضوء المستخدم بقياس عرض الهدبة و على الشاشة وقياس $sc+b$ واستخدام العلاقة:

$$\lambda = \frac{a \Delta y}{c+b} \dots \dots (7)$$



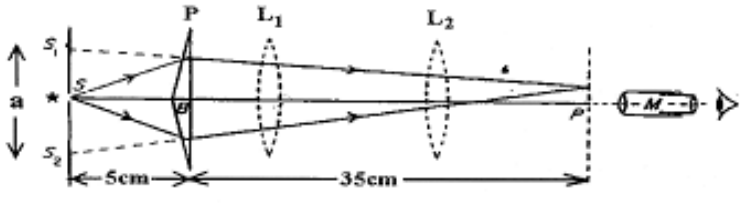
شكل (3)

الاحزمة والادوات المستخدمة:

مصدر ضوء الصوديوم، شق قابل للتغير، موشور ثنائي لفرنيل p زاوية رأسه بحدود 179^0 ميكروسكوب مزود بالورنية (في العدسة العينية شعيرتين افقيين احدهما مثبتة والاخرى متحركة) عدسة محدبة بعدها البؤري 10 cm سكه بصرية مناسبة .

خطوات العمل:

1. ثبت مصباح الصوديوم والعدسة المجمعة امام الشق بحيث يقع المصباح عند بؤرة العدسة وبعدئذ ثبت الموشور الثنائي والميكروسكوب على بعد مناسب وتأكد من ان جميع المكونات على استقامة واحدة. المسافة المناسبة بين الشق والموشور 5cm والمسافة المناسبة بين الموشور والشاشة بحدود 35 cm شكل (4)



شكل (4)

2. انظر من خلال الميكروسكوب M الى الموشور وحرك الميكروسكوب عرضياً ببطء الي ان تحصل على اهداب مستقيمة متساوية العرض. بعد ان حصلت على اهداب واضحة اسحب الميكروسكوب M مسافة حوالي اربعة اضعاف البعد البؤري للعدسة التي تستخدمها لاحقاً (L_2) التحديد المسافة بين الشقين الوهميين a

3. اضبط موقع الشعيرتين الموجدتين في مجال النظر للعدسة العينة في مركز هدية مظلمة معينة وسجل قراءة الورنية ولتكن y_1 ثم ابدأ بتحريك الشعيرة المتحركة وعد الاهداب الى ان تصل الهدية العاشرة وسجل قراءة ثانية ولتكن y_2 ، احسب عرض الهدية بتقسيم

$$\Delta y = \frac{y_1 - y_2}{10} \text{ و } 10 \text{ المسافة على}$$

4. قس المسافة بين الشق والميكروسكوب .

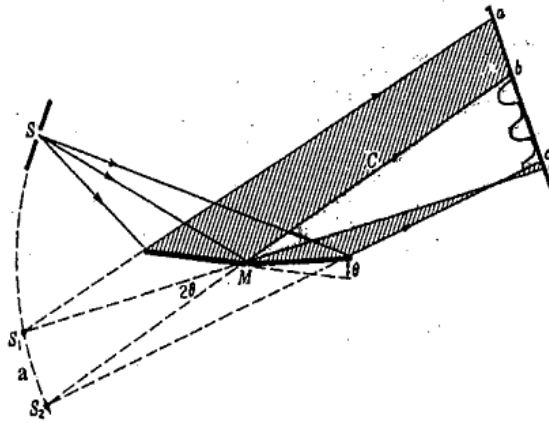
5. قس المسافة بين الشقين الوهميين (a) . ولقياس هذه المسافة التي لا يمكن قياسها مباشرة ضع عدسة محدبة بين المكروسكوب M والموشور P وحركها تدريجياً ضمن هذه المسافة ترى صورة الشقين الوهميين في موقعين مختلفين (شكل) (4) صورة مصغرة واخرى مكبرة . قس المسافة بين الشقين (الصورة) في الموقعين ليكونا d_1 و d_2 على التوالي والعلاقة بين المسافة بين الشقين a والمسافة بين صورتيهما d_1 و d_2 هي:

$$a = \sqrt{d_1 d_2} \quad \text{أو} \quad \frac{a}{d_1} = \frac{d_2}{a}$$

6. باستخدام المعادلة (7) يمكن حساب الطول الموجي للضوء المستخدم .

إضافة

يمكن اجراء تجربة أخرى مشابهة لهذه التجربة باستخدام مرآة فرنيل الثنائي . تتكون مرآة فرنيل من مرأتين مستويين تميل احدهما على الثانية بزاوية صغيرة جداً (بحدود 10°) تكون هذه الآلة ، بعملية الانعكاس ، صورتين وهميتين للشق S كما موضح تخطيطاً في الشكل (4) تعمل الصورتان عمل الشق الثنائي لـ يونج وتتكون اهداب التداخل بسبب تراكب الحزمتين ac, be . نترك للطالب تحويل المعادلة (7) الى صيغة ملائمة لهذه التجربة .



شكل (4)

الاسئلة :-

- 1- ماذا تعني ظاهرة التداخل بالنسبة للضوء .
- 2- لماذا يجب ان تكون المسافة بين الشقين أكبر بكثير من عرض الشقين .
- 3- لماذا لم نلاحظ ظاهرة التداخل بين المركبات الطيفية للضوء العادي
- 4- هل تعتمد المسافة بين الشقين الوهميين على لون الضوء المستخدم في تجربة المنشور
التنائي ؟ ولماذا؟

التجربة (b 48)

الليزر في القياسات

الغرض من التجربة:

1. قياس اقطار صغيرة باستخدام ضوء الليزر.

2. قياس ارتفاعات عالية وبعيدة.

الاجهزة المستخدمة:

مصدر لاشعة ليزر، منظومة بصرية، شاخص متحرك مقياس متري، خيط ذو قطر صغير.

النظرية

ان حزمة اشعة الليزر تكون متميزة عن الضوء الاعتيادي او اي مصدر اعتيادي آخر للضوء وتميزها في انها تملك الخواص التي جعلتها تصنع ثورة في عدة تطبيقات ومجالات علمية، وكمثال على ذلك ان جميع حزمة الليزر من نبضة ليزر الياقوت بواسطة عدسة لامة من الممكن ان تنقب قطعة من اقصى المعادن وخواص الليزر هي كالتالي:

1. التشاكة (coherent).

2. احادية اللون (Monochromatic)

3. الاتجاهية (Directionality).

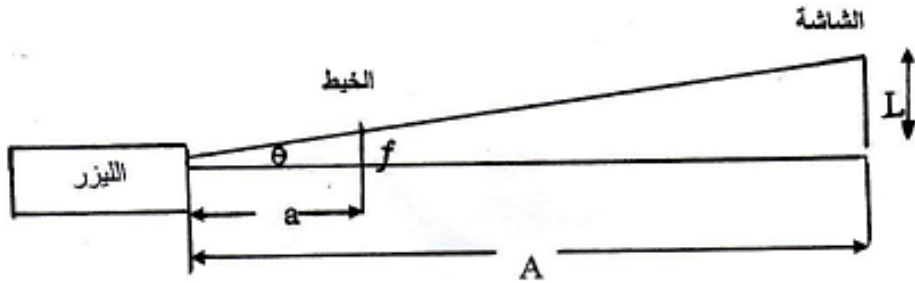
4. شدة الإضاءة العالية (High Intensity).

وهذه الخواص ليست مفصولة عن بعضها البعض وانما هي مترابطة وجاءت اساسا من طبيعة الانبعاث المحفز، وان من اهم مزايا اشعة الليزر الاتجاهية العالية والسطوع العالي بحيث تقطع اشعة الليزر مسافات طويلة جدا محافظة عن استقامتها واتجاهيتها الموحدة من دون تشتت بقعة الليزر او امتصاصها من قبل الوسط الذي تنفذ فيه وبذلك تعد الليزرات مهمة جدا في قياس الابعاد التي يصعب قياسها بالطرق التقليدية اما لصغر اقطارها او ابعادها او لتعذر الوصول

اليها كان تكون داخل اجهزة مغلقة او داخل الاقران الحرارية او امكان خطرة (الغابات ، البحار ، المناطق العسكرية).

ويمكن كذلك قياس ارتفاعات من الصعب قياسها بالطريقة الاعتيادية مثل الارتفاعات الشاهقة كالعمارات والابراج والاسلاك الكهربائية ذات الضغط العالي اضافة الى السقوف العالية. وتتميز قياسات الليزر عن الطرق الأخرى بالدقة العالية والسهولة العملية.

اولاً - قياس قطر خيط :



الشكل (1)

مهما كان قطر الخيط صغير f فسوف يكون له ظل على الشاشة (L) عندما يعترض شعاع الليزر كما في الشكل (1) وبحساب ظل الزاوية θ للمثلثين ومن ثم مساواتهم يمكن حساب قطر الخيط

$$\tan \theta = \frac{L}{A} \quad (\text{المثلث الكبير})$$

$$\tan \theta = \frac{f}{a} \quad (\text{المثلث الصغير})$$

وبمساواة المثلثين:

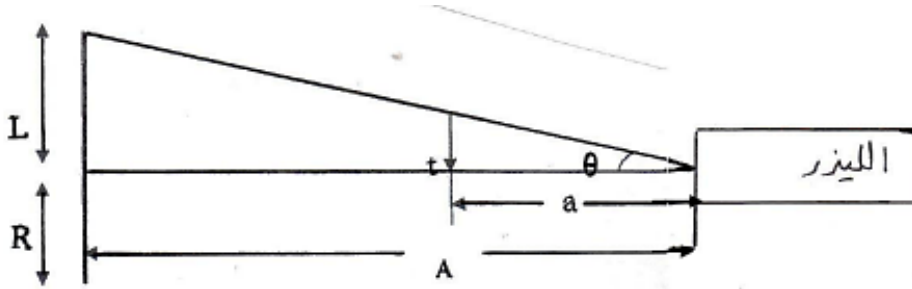
$$\frac{f}{a} = \frac{L}{A} \Rightarrow f = \frac{L \times a}{A} \dots \dots \dots (1)$$

طريقة العمل.

1. يثبت جهاز الليزر بحيث يظهر شعاع الليزر بصورة افقية على الشاشة.
2. يقطع شعاع الليزر بوضع الخيط امام مساره بحيث يتكون له ظل على الشاشة.
3. تقاس المسافات التالية:
من مصدر فتحة الليزر إلى الخيط (a) من مصدر فتحة الليزر الى الشاشة (A) طول الظل المتكون على الشاشة (L).

4. يحسب قطر الخيط من المعادلة (1)

ثانياً - قياس ارتفاع سقف المختبر :



الشكل (2)

عند اعتراض شعاع الليزر بشاخص بحيث أن الظل الناتج يضبط على الارتفاع المراد قياسه يمكن حساب ذلك الارتفاع ببساطة من حساب ظل الزاوية (θ) للمثلث الكبير ومقارنته مع المثلث الصغير كما في الشكل (2) كما يلي:

$$\tan \theta = t/a \quad (\text{المثلث الكبير})$$

$$\tan \theta = L/A \quad (\text{المثلث الصغير})$$

وبمساواة المثلثين:

$$\frac{t}{a} = \frac{L}{A} \Rightarrow L = \frac{A \times t}{a} \dots \dots \dots (2)$$

طريقة العمل:

1. يثبت الليزر على طاولة المختبر بحيث يظهر شعاع الليزر بصورة عمودية على الجدار المطلوب قياس ارتفاعه.
2. يثبت حامل الشاخص امام شعاع الليزر ويغير ارتفاع الشاخص حتى يصل ظله الى اعلى الجدار بقرب السقف.
3. نقاس المسافات التالية:
(a) المسافة (R) من الارض الى فتحة مصدر الليزر.
(b) المسافة الافقية (a) من فتحة مصدر الليزر الى تقاطعه مع المسافة العمودية للشاخص الى طاولة المختبر.
(c) المسافة العمودية (t) من الشاخص الى تقاطعه مع المسافة الافقية من فتحة مصدر الليزر. ل المسافة (A) من فتحة مصدر الليزر إلى الجدار المطلوب قياس ارتفاعه.
4. يحسب من المعادلة (2) المسافة من السقف الى سطح طاولة المختبر
5. يحسب طول الجدار او ارتفاع السقف من ارتفاع السقف $R+L=$

الاسئلة والمناقشة

1. ما الفرق النظري والعملي بين اولا وثانيا في التجربة ؟
2. هل يمكن قياس الارتفاع مباشرة من الارض؟
3. هل يمكن تطبيق اولا لقياس اقطار اكبر او اصغر وبنفس الدقة؟
4. هل يمكن قياس ارتفاعات شاهقة مثل برج باستخدام ثانيا وما هي الصعوبات العملية؟

التجربة (48)

ايجاد الطول الموجي لاشعة الليزر باستخدام محرز الحيود

الغرض من اجراء التجربة:

1. دراسة الحيود خلال المحرز
2. ايجاد الطول الموجي للأشعة المستخدمة.
3. ايجاد الانحراف الزاوي.

الاجهزة المستخدمة:

ليزر - عدسة لامة شاشة محرز .

النظرية

محرز الحيود جهاز يتكون من عدد من الفتحات الضيقة والمتوازنة والتي تفصل بينها مسافات متساوية ويعتبر أداة فعالة جداً في دراسة الأطياف، ان المحرز المستخدم عملياً ينبغي ان يحتوي على عدد الاف من الفتحات الضيقة جداً، وان نماذج الحيود التي يمكن الحصول عليها من المحزرات تسمى حيود فرانهوفر لأنه كان أول من قام بدراسة نماذج الحيود في حالة سقوط ضوء متوازي على محزرات الحيود عام 1819 م.

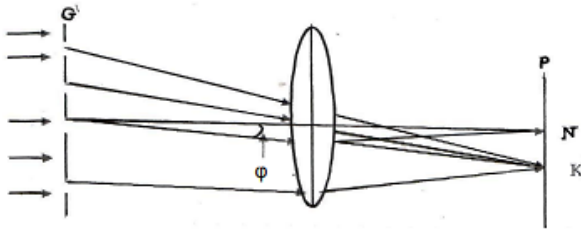
ان نفوذ الضوء خلال المحرز يسبب الحيود والتداخل اللذان يفيدان في تكوين طيف المصدر الضوئي ففي الشكل (1) يمثل ($G\bar{G}$) محرز حيود شقوقه عمودية على سطح الورقة ويظهر في الشكل أربعة خطوط فقط فعند سقوط أشعة متوازية على المحرز بصورة عمودية سوف تتولد موجات هو يكنز عند شقوق المحرز، إن هذه الموجات يبني او يتلف بعضها البعض إذا كان لها نفس الطور او طورين متعاكسين في نقطة معينة على التوالي.

بعد نفاذ او حيود الاشعة المتوازية من الشقوق تجمع بواسطة عدسة لامة لتسقط على الحاجز (ps)، فإذا نظرنا إلى الضوء بزاوية مقدارها (φ) مع العمود على المحرز فإن الاشعة الضوئية

المتوازية في هذا الاتجاه ستقطع مسافات غير متساوية لتصل إلى الحاجز وعند تجميعها في بؤرة عدسة لامة فهي إما إن تتلف أو يبني بعضها البعض فإذا كان مقدار الزاوية (φ) يجعل شعاع ضوء احد شقوق المحرز متخلفاً بنصف طول موجي عن الشعاع المقبل أو المنبعث من الشق الذي يليه فسيختلف الشعاعان في الطور ويتلف احدهما الآخر وتكون منطقة مظلمة وعندما يكون الفرق في المسار بين الشقوق المتجاورة مساوية

لطول موجة كاملة فالموجات المنبعثة من جميع الشقوق تكون لها مرة ثانية نفس الطور فيحدث تداخلاً بناءً وتكون حزمة مضيئة على الحاجز كما في النقطة (k).
ان معادلة المحرز

$$d = \frac{1}{\text{عدد الشقوق } (M)} \dots \dots (1)$$



الشكل (1)

حيث d : ثابت المحرز

M : عدد الشقوق في المحرز

حيث:

$$M = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

يمكن قياس الزاوية (φ) في المناطق التي يحدث التداخل البناء وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط على الشاشة والشعاع المركزي من المعادلة الآتية:

$$m\lambda = d \sin(\varphi) \dots \dots (2)$$

وعندما φ صغيرة يكون:

$$\sin(\varphi) \cong \tan(\varphi) \cong \varphi$$

$$d \tan(\varphi) = m\lambda \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{\tan(\varphi)}{m} d \dots (3)$$

حيث:

φ : زاوية الحيود

λ : الطول الموجي للشعاع المستخدم

m مرتبة الحيود

وعملياً من الشكل (1) يتبين أن

$$\tan(\varphi) = \frac{l}{L} \dots \dots (4)$$

حيث L المسافة بين المحرز والشاشة.

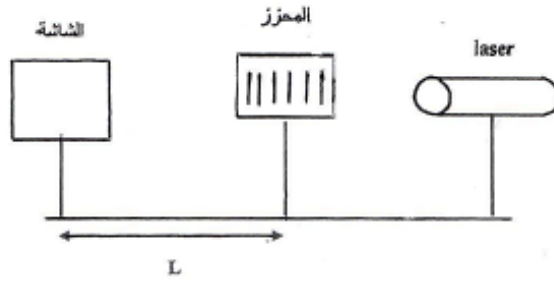
l قياس المسافة بين مرتبة الحيود ومركز الحيود.

يمكن استخراج الانحراف الزاوي للمحز من المعادلة (1) كالآتي:

$$\sin(\varphi) = \frac{m\lambda}{d} \dots \dots (5)$$

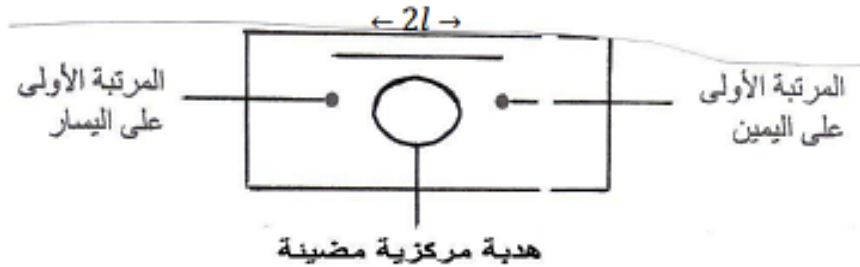
طريقة العمل:

1. ترتب الاجهزة كما في الشكل (2).
2. يوضع محرز الحيود في المكان المخصص له على أن يكون سقوط الأشعة بصورة عمودية على المحرز



الشكل (2)

3. تقاس المسافة بين المرتبة الأولى على اليمين والأولى على اليسار والتي تساوي ($2l$) على الشاشة كما في الشكل (3) للمرتبة الأولى ثم الثانية وهكذا وكذلك تقاس (L) ثم ترتب القراءات كما بالجدول :-



الشكل (3)

4. ترسم العلاقة البيانية بين $\tan(\phi)$ والتي تحسب من العلاقة (4) على المحور العمودي والمرتبة (m) على المحور الأفقي ويتم ايجاد الميل.

L	$2l$	l	$\tan(\phi)$

5. يتم ايجاد (λ) من العلاقة (3) بعد معرفة (d) من عدد شقوق المحرز

6. يتم تغير المسافة بين الشاشة والمحرز (L) ثم يدرس التأثير على ($2l$ و λ) .

7. يتم ايجاد الانحراف الزاوي للمرتبة الثالثة ($m=3$) من العلاقة (5) ومقارنتها مع النتائج

النظرية من العلاقة الاتية

$$\sin(\varphi) = \frac{l_3}{L_3} \quad (\text{عملياً})$$

$$\sin(\varphi) = \frac{m\lambda}{d} \quad (\text{نظرياً})$$

الأسئلة والمناقشة :

1. لماذا يتفوق المحرز على الشق المفرد في تكوين أطياف الحيود ؟
2. الى اي رتبة يمكن الحصول عليها ؟ وهل ان النتيجة العملية متطابقة مع النتائج النظرية للمراتب العالية ؟
3. ماذا يحدث لو استخدم ضوء ابيض بدل الضوء أحادي الطول الموجي (الليزر) ؟
4. هل بالإمكان استخدام السبكتروميتر بدل المصدر الضوئي وبالتالي تحديد طيف المصدر ؟
5. ماذا يحدث لو سقطت الاشعة بشكل مائل بزاوية معينة على المحرز ؟
6. اذا كان المحرز قد وضع بشكل عمودي فهل ستظهر النتائج بشكل صحيح ؟

التجربة (48)

قياس الطول الموجي لشعاع الليزر بواسطة خاصية الاتجاهية

الغرض من التجربة:

- 3 . قياس زاوية الانفراج لحزمة الليزر .
- 4 . قياس الطول الموجي لشعاع الليزر .

الاحزمة المستخدمة:

ليزر He-Ne مسطرة مترية شاشة النظرية:

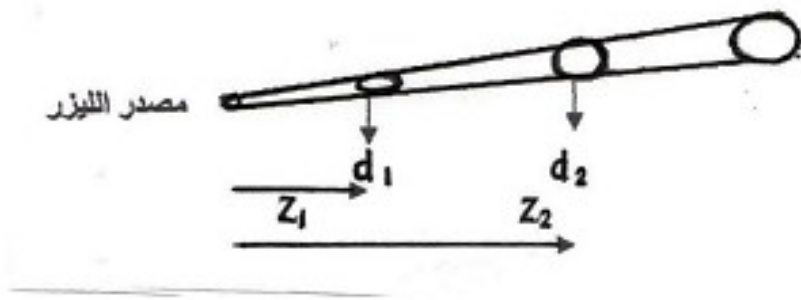
تبعث اجهزة الليزر ضياء اتجاهية ذات درجة عالية من الاتجاهية وحزما ضوئية تتصف بزوايا انفراج صغيرة تقدر عادة بحدود بضعة ملي رديان (10^{-3}) زاوية نصف قطرية وتكمن اهمية هذه الصفة في امكانية تجميع الطاقة التي تحملها حزمة الليزر بسهولة وتركيزها على مسافات طويلة في حين يكون انبعاث الطاقة من المصادر التقليدية في جميع الاتجاهات (زاوية مجسمة مقدارها 4π من الزوايا النصف قطرية المجسمة ولذا لا يمكن تحقيق تجميع كفاء للطاقة من هذه المصادر). يعبر عن درجة صفة الاتجاهية بمقدار زاوية الانفراج (وهي الزاوية المستوية المحصورة بين حافة الحزمة ومحورها) والتي تحسب من المعادلة الآتية:

$$\theta = \tan^{-1}[(L)/(z)] \dots \dots (1)$$

حيث أن

d قطر بقعة الليزر على الشاشة.

z المسافة من مصدر الليزر على الشاشة.



ان الحزمة الكاوسية تضيق الى اقل قطر ($2\omega_0$) (تخسر الحزمة beam waist) حيث تكون جبهة الموجة مستوية ويعطي نصف قطر الحزمة (ω) أو حجم البقعة (نقطة الليزر spot size) على بعد (z) من التخسر بالمعادلة التالية:

$$\omega(z) = \omega_0 [1 + (\lambda z / \pi \omega_0^2)^2]^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

حيث : ($d = 2\omega$) قطر الحزمة .

وبعد تربيع الطرفين للمعادلة (2) والضرب بـ (ω_0^2) وجعل المقدار ($\lambda z / \pi$) يساوي (t) للسهولة فإن المعادلة تصبح بالشكل التالي:

$$\omega^2 \omega_0^2 = \omega_0^4 + t^2 \dots \dots \dots (3)$$

وبعد اضافة المقدار ($\omega^2 / 4$) للطرفين والترتيب تصبح:

$$\omega_0^4 - \omega^2 \omega_0^4 + \omega^4 / 4 = \omega^4 / 4 - t^2 \dots \dots \dots (4)$$

ان الطرف الايسر مربع كامل يمكن كتابته ($\omega_0^2 - \omega^2 / 2$)² وبعد جذر الطرفين والترتيب يمكن كتابة المعادلة كما يلي :-

$$\omega_0^2 = \omega^2 / 2 \pm (\omega^4 / 4 - t^2)^{1/2} \dots \dots (5)$$

وبعد اعادة ما يساويه المقدار (t) وجذر طرفي المعادلة تصبح :-

$$\omega_0^2 = \left[\omega^2/2 \pm (\omega^4/4 - (\lambda^2 z^2)/\pi^2)^{1/2} \right]^{1/2} \dots \dots (6)$$

تبرز اهمية المقدار بعد الاشارة ($\pm$) عندما تصبح قيمة (ω) تساوي أكبر من ($1.4 \omega_0$)
ذلك لان المقدار

$$(\omega_0^2 - \omega^2/2)^2 \text{ يبدأ بأخذ قيمة سالبة وعليه تأخذ الاشارة السالبة فقط . لماذا ؟}$$

يمكن من المعادلة (6) حساب نصف قطر تخرصر حزمة الليزر من قياس نصف قطر الحزمة (ω) (البقعة) على مسافة (z) من منطقة التخرصر . يلاحظ انه عندما تكون المسافة (z) صغيرة بحدود المتر اصغر او اكبر بقليل فان المقدار $\{(\lambda^2 z^2)/\pi^2\}^{1/2}$ يمكن اهماله لأنه صغير جدا مقارنة مع ($\omega^4/4$) وهكذا فان الاشارة $\pm$ يجب ان تكون موجبة وتصبح هنا ($\omega \approx \omega_0$) .

طريقة العمل :

1- يوضع جهاز الليزر مقابلا لحاجز وعلى مسافة (Z_1) وتقاس (d_1) ومنها يتم ايجاد قيمة (ω) .

2- تكرر الخطوة السابقة لعدد من المسافات ويتم ايجاد قيم (Z) وفي كل مرة تقاس (d) و (ω) ويتم تدوين النتائج في الجدول ادناه :

المسافة (z cm)	قطر الحزمة (d cm)	نصف قطر الحزمة ($\omega = d/2$ cm)

3- يرسم بين (Z) على المحور (X) و (d) على المحور (y) ثم يتم استخراج الميل ويأخذ له ($\tan^{-1}$)

لاستخراج قيمة الزاوية (θ) من العلاقة (1) .

4- يحسب الطول الموجي لليزر من العلاقة :

حيث :

$$\theta = K(\lambda/D) \dots \dots (2)$$

D قطر فتحة المسرب لنتاج الليزر

K معامل عددي قيمته لمصدر فتحة اليزرية دائرية = 1.22

5- يحسب (ω_o) من المعادلة (6) لكل قيمة لـ (ω و Z) ثم يوجد المعدل .

الوحدة الخامسة

تجارب في الفيزياء

(الذرية والنووية)

التجربة رقم (49)

تكمم الشحنة وقياس شحنة الإلكترون

Charge quantization and measurement of electron charge

الغرض من التجربة :-

فهم تكمم الشحنة وقياس شحنة الإلكترون.

مقدمة :-

قام ميليكان سنة 1913 بوضع هذه التجربة التي تؤكد تكمم الشحنة وتساعد على قياس مستقل للشحنة الأساسية (e) للإلكترون وتعتمد فكرتها على تحليل القوى المؤثرة على قطرة زيت صغيرة ومشحونة تحت تأثير المجال الكهربائي.

النظرية :-

نفترض أن قطرة زيت كتلتها m وشحنتها q تسقط في الفراغ الموجود بين لوحين جهاز ميليكان وتحت تأثير الجاذبية الأرضية تخضع القطرة إلى ثلاث قوى مختلفة شكل (la) وهي:

وزن القطرة الزيتية mg.

قوة دفع الهواء (f_B) بعكس اتجاه حركة القطرة.

مقاومة لزوجة الهواء f_B (قانون ستوكس Stock's law) أي محصلة القوى المؤثرة على القطرة ستكون على النحو الآتي :

$$F = mg - f_B - kv \dots \dots (1)$$

حيث m كتلة القطرة الزيتية و g التعجيل الأرضي و kv قوة مقاومة اللزوجة وطبقاً لقانون

ستوكس قوة اللزوجة تعطى بالعلاقة الآتية

$$kv_t = 6\pi r\eta v_t \dots (2)$$

. حيث r نصف قطر القطرة الزيتية و η معامل اللزوجة viscosity coefficient للهواء

ويساوي

$$1.5 \times 10^{-5} \text{ N.Sm}^{-2} \text{ و } v \text{ سرعة القطرة و ثابت.}$$

عند وصول سرعة قطرة الزيت v سرعة المنتهى terminal velocity v_t ستكون $F = 0$

ويمكن كتابة المعادلة (1) بالصيغة الآتية :

$$mg - f_B = kv_t \dots \dots (3)$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_o - \rho_A) g = 6 \pi r \eta v_t \dots \dots (4)$$

حيث إن ρ_o كثافة الزيت (796 kg/m^3)

ρ_A كثافة الهواء (1 kg/m^3)

بحل المعادلة (4) بالنسبة لـ r

$$r = 3 \left[\frac{\eta v_t}{2g(\rho_o - \rho_A)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

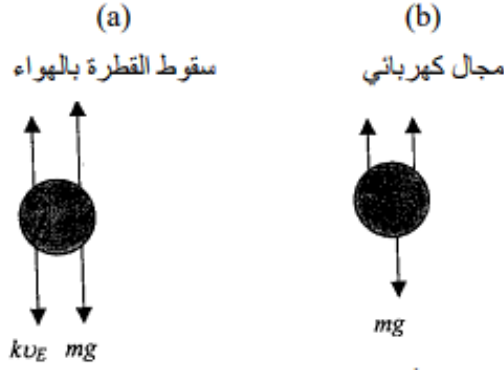
بالتعويض عن (r) في المعادلة (2) نجد أن :

$$k = 18 \pi \left[\frac{\eta^3 V_t}{2g(\rho_o - \rho_A)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (6)$$

إذا سلط فرق الجهد V بين اللوحين بحيث يوصل اللوح العلوي بالقطب الموجب شكل (2)

واللوح السفلي بالقطب السالب فإنه سيتولد مجال كهربائي E بين اللوحين وهذا المجال يؤثر على

قطرة الزيت المشحونة فإنها ستتحرك إلى الأعلى بسرعة المنتهى قدره v_E شكل (1b)



(a) سقوط قطرة الزيت في الهواء

(b) حركة قطرة الزيت تحت تأثير المجال الكهربائي

حيث إن $E = \frac{V}{d}$ و d ولى المسافة بين اللوحين.

و محصلة القوى المؤثرة على قطرة الزيت ستعطى بالعلاقة الآتية :

$$F = qE + f_B - mg - kv \dots \dots \dots (7)$$

وعندما تصل سرعة القطرة سرعة المنتهى أي $F = 0$ ، وبالتالي تصبح المعادلة (7) على النحو الآتي :

$$qE - kv_E = mg - f_B \dots \dots \dots (7)$$

بربط المعادلة (8) مع المعادلة (3) نحصل على الصورة

$$qE - kv_E = kv_t \dots \dots \dots (8)$$

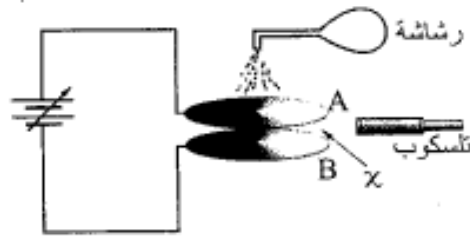
أو

$$q = \frac{k}{E} (v_E + v_t) \dots \dots \dots (9)$$

يمكن قياس جميع الكميات الموجودة في الطرف الأيمن من المعادلة (9) عملياً وحساب قيمة q هي دائماً مضاعفات عددية صحيحة لشحنة الإلكترون.

الأجهزة والأدوات المستخدمة :-

وصف جهاز ميليكان : يتكون جهاز ميليكان من لوحين A و B أفقيين ومتوازيين موضوعين داخل صندوق معدني لتجنب تأثير التيارات الهوائية الخارجية كما هو موضح في الشكل (2) يستخدم مرذاذاً Atomizer بسيطاً لرش قطرات الزيت بين اللوحين تكون هذه القطرات عادة مشحونة بشحنة سالبة بسبب تأثيرات



شكل (2)

الاحتكاك مع فتحة المرذاذ. يضاء الفراغ الموجود بين اللوحين والقطرات الزيتية بواسطة مصباح مثبت في جانب الصندوق حتى يتمكن من رصد حركة قطرات الزيت بواسطة التلسكوب.

خطوات العمل :-

1. تأكد من نظافة اللوحين والغطاء الخارجي من بقايا الزيت وكذلك من عدم انسداد الفتحة التي يدخل الزيت من خلالها.
2. اضبط عدسة التلسكوب حتى تتمكن من رؤية اللوحة المدرجة بوضوح.
3. أوصل طرفي اللوحين بقطبي مصدر كهربائي - شكل (2) بحيث يوصل اللوح العلوي بالقطب الموجب واللوح السفلي بالقطب السالب.
4. رش قطرات قليلة من الزيت من خلال الثقب بحيث تدخل بعض القطرات إلى الفتحة الموجودة بين اللوحين ولاحظ حركة القطرات من خلال الميكروسكوب (ملاحظة : تظهر القطرات الساقطة صاعدة إلى الأعلى لأن التلسكوب يظهر صورة مقلوبة) فعند تسليط

الجهد بين اللوحين ستلاحظ أن القطرات المشحونة تسقط إلى الأسفل (وهي في الحقيقة تتحرك نحو الأعلى).

5. اختر أحسن قطرة يمكن التحكم بحركتها بسهولة واترك القطرة تسقط تحت جاذبية الأرض. واحسب الزمن اللازم لتقطع بضع تدريجات اللوحة المدرجة ثم أحسب سرعته v_t المنتهي

6. سلط جهد مناسب على اللوحين وأحسب الزمن اللازم لتقطع قطرة الزيت بعض التدريجات. ثم أحسب السرعة v_E

7. كرر الخطوة السابقة لعدد من القطرات وسجل النتائج في الجدول الآتي:

الفطرات	v_t	k	$E=V/d$	v_E	q	n
1						
2						
3						
4						
5						

و استخدام المعادلة (9) لحساب q بعد حساب قيمة k من المعادلة (6).

الأسئلة :-

- 1- ما المقصود بسرعة المنتهي؟
- 2- ما المقصود بالشحنة الأساسية وما هي قيمتها؟
- 3- ما النتائج التي أمكن التوصل إليها من تجربة ميليكان؟
- 4- هل يمكن استخدام جهد متناوب في هذه التجربة؟ ولماذا؟

التجربة رقم (50)

سلوك الحزمة الإلكترونية في المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

Characteristic of electron beam in electrical and magnetic field

الغرض من التجربة :-

دراسة سلوك الإلكترونات تحت

4. تأثير المجال الكهربائي E

5. تأثير المجال المغناطيسي B وإيجاد الشحنة النوعية للإلكترون e/m_e

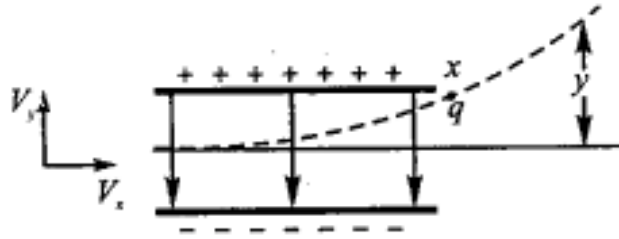
مقدمة:-

عندما تتحرك حزمة من الإلكترونات بسرعة ثابتة في المجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي فإنها تنحرف عن مسارها المستقيم لتأخذ مساراً منحنياً وتعتمد قيمة هذا الانحراف على قيمة المجال المسلط وتستخدم هذه الخاصية في كثير من الأجهزة الإلكترونية الحديثة مثل جهاز الأشعة الكاثودية وشاشة الأجهزة المرئية.

النظرية:-

سلوك الإلكترونات في المجال الكهربائي:

إذا تحركت حزمة إلكترونات باتجاه المحور x بين لوحين متوازيين البعد بينهما d ومثبتين داخل أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء وبما أن الإلكترونات تتحرك في الفراغ فتكون سرعتها ثابتة ومساوية لـ (v_x) وإذا وصلنا اللوحين بفرق جهد قدره v_p ، فإن الحزمة تنحرف عن مسارها وتأخذ مساراً على شكل القطع المكافئ parabolic بين اللوحين كما هو موضح في الشكل (1)



شكل (1)

والقوة العمودية المؤثرة على كل إلكترون من إلكترونات الحزمة في المجال E هي:

$$F_y = eE \dots \dots \dots (1)$$

حيث e شحنة الإلكترون و E شدة المجال الكهربائي بين اللوحين.

إذا افترضنا أن m_e كتلة الإلكترون فتكون عجلة الإلكترون α_y باتجاه y بالصيغة الآتية

$$\alpha_y = \frac{eE}{m_e} \dots \dots \dots (2)$$

بعد الفترة الزمنية t ستتحرف الحزمة عن مسارها باتجاه y مسافة قدرها:

$$y = \frac{1}{2} \alpha_y t^2 \dots \dots \dots (3)$$

و v_y السرعة العمودية للإلكترونات هي :

$$v_y = \alpha_y t = \frac{eE}{m_e} t \dots \dots \dots (4)$$

أما المسافة التي تقطعها الإلكترونات خلال الفترة t على المحور x هي :

$$x = v_x t \dots \dots \dots (5) \rightarrow t^2 = \frac{x^2}{v_x^2} \quad \therefore y = \frac{1}{2} \alpha_y \frac{x^2}{v_x^2}$$

حيث v_x سرعة الإلكترونات باتجاه x بحذف t من المعادلتين (4 و 5) نجد أن:

$$y = \frac{eE}{2m_e v_x^2} \cdot x^2 \dots \dots \dots (6)$$

والطاقة الحركية التي تكتسبها الإلكترونات تحت تأثير الجهد المسلط على المصعد V_A وباتجاه x هي:

$$\frac{1}{2} m_e v_x^2 = eV_A \dots \dots \dots (7)$$

وبحذف v_x^2 من المعادلتين (7 و 6) نجد أن :

$$y = \frac{V_P}{2d V_A} \cdot x^2 \dots \dots \dots (8) \rightarrow E = \frac{V_P}{d}$$

هذه المعادلة هي معادلة القطع المكافئ ويتم تحقيقها في هذه التجربة.

سلوك الإلكترونات في المجال المغناطيسي :-

أما إذا تحركت الحزمة بسرعة ثابتة v_x في مجال مغناطيسي شدته B عمودياً على اتجاه حركتها فإن المجال سيؤدي إلى توليد قوة قدرها:

$$F_B = Be v_x \dots \dots \dots (9)$$

تؤثر على الحزمة الإلكترونية في اتجاه عمودي على كل من السرعة والمجال ويصبح مسار الحزمة دائرياً ، ومن المعادلتين (7) و (9) نحصل على :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2V_A}{r^2 B^2} \dots \dots \dots (10)$$

ومن ثم يمكن قياس الشحنة النوعية للإلكترون e/m_e

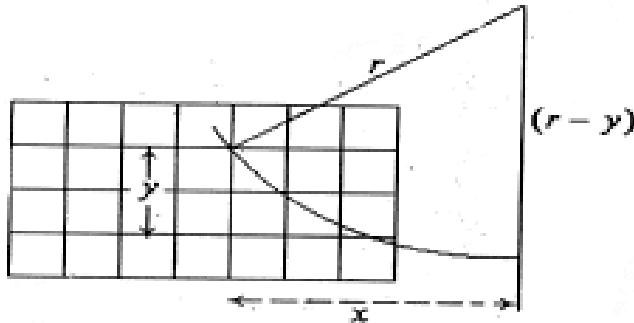
وذلك بقياس جهد المصعد V_A والمجال B ونصف قطر الحزمة r

يمكن حساب قيمة شدة المجال المغناطيسي من زوج من ملفات هلمهولتز Helmholtz

coil باستخدام العلاقة :

$$B = \frac{NR^2 I \mu_0}{(R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (11)$$

حيث إن N عدد اللغات لكل ملف من ملفي هلمهولتز و R نصف قطر كل ملف و (I) تيار الملف و μ_0 سماحية الفراغ و a المسافة بين الملفين. أما r نصف قطر انحناء مسار الحزمة الإلكترونية على الشاشة يمكن إيجاده بالاستعانة بالشكل (2) إذ نجد من الشكل أن:



الشكل (2)

إذا أخذنا مجموعة من النقاط على المنحني وثبتنا إحداثياتها (x, y) ومن ثم رسمنا العلاقة بين y و $(x^2 + y^2)$ نحصل على خط مستقيم ميله يساوي $2r$.

أما عندما تكون الحزمة الإلكترونية تحت تأثير المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتعامدين على بعضهما فإن الانحراف في مسار الحزمة يعتمد على الفرق بين المجالين. وعندما يتساوى المجالان يصبح مسار الحزمة مستقيماً في هذه الحالة تكون القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي F_B مساوية للقوة الناتجة عن المجال الكهربائي F_E أي أن:

$$F_E = F_B$$

$$eE = BeV_x \quad \text{أو}$$

و

$$v_x = \frac{E}{B} \dots \dots \dots (13)$$

يمكن قياس سرعة الإلكترون بقياس المجال ($E = \frac{V_0}{d}$) وحساب المجال B من المعادلة (11).

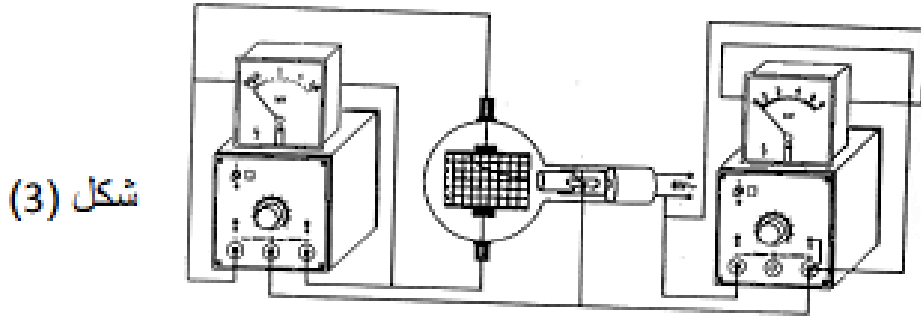
الأجهزة والأدوات المستخدمة :-

الجهاز الرئيسي الذي يستخدم في هذه التجربة يتكون من أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تحتوي على قاذفة الكترونية والتي يتكون من قتيلة يتم تسخينها مباشرة ومصعد على شكل أسطوانة. ويوجد داخل الأنبوبة لوحان متوازيان المسافة بينهما d وكذلك شاشة متفورة ومدرجة بالسنتيمترات كما أن الأنبوبة مثبتة بين زوج من ملفات هلمهولتز كما موضح في الشكل (3) وتستخدم مع هذا الجهاز مجموعة من مجهزات القدرة المستمرة (0- 3000V) وكذلك الفولتметры.

خطوات العمل :

A- لدراسة تأثير المجال الكهربائي على حزمة إلكترونية نتبع الخطوات الآتية :

1. أوصل الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (3) ادناه :



2. ابدأ بتسخين الفتيلة وذلك بتوصيل فرق جهد قدره 6V على طرفي الفتيلة.

3. أوصل المصعد A بجهد قدره 2500 V فتظهر مباشرة حزمة زرقاء على الشاشة المتفلورة.

4. أوصل اللوحين بجهد ثابت قدره 5000 V فتلاحظ انحراف على اللوحة المدرجة.

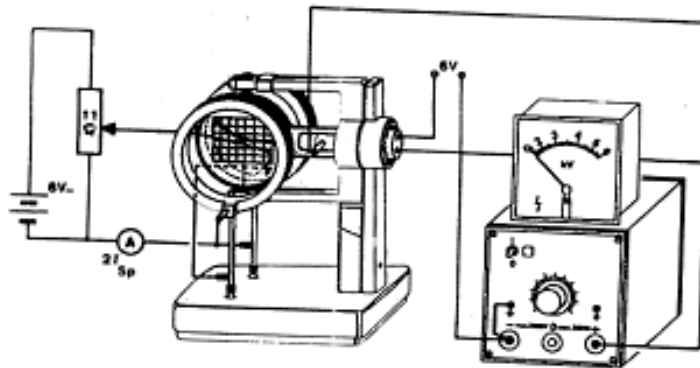
5. اختر عدد من النقاط على هذا المنحنى و عين إحداثيات (x, y) لكل نقطة.
ورتب القراءات في الجدول الآتي:

					x
					y
					x^2

6. ارسم العلاقة بين x^2 و y فتحصل على خط مستقيم ميله يساوي $(\frac{V_P}{2dV_A})$
وبذلك تحقق العلاقة (8) ..

B - لدراسة تأثير المجال المغنطيسي على الحزمة الإلكترونية إتبع الخطوات الآتية :

أوصل الدائرة الكهربائية كما موضح في الشكل (4) ادناه :



شكل (4)

ابدأ بتسخين الفتيلة وأوصل المصعد A بجهد قدره 2500 V فتظهر حزمة زرقاء على الشاشة المنظورة.

أوصل ملفي هلمهولتز بمصدر التيار واسمح بمرور التيار في الملف فتشاهد إنحراف الحزمة مكونة قوساً دائرياً على الشاشة.

أوجد قيمة r وقيمة B واستخدم العلاقة (10) لإيجاد قيمة الشحنة النوعية.

أوصل اللوحين بجهد متغير من صفر إلى 5000 V وزد من قيمة الجهد تدريجياً حتى يتعادل تأثير المجالين وترجع الحزمة إلى مسارها المستقيم عند هذه النقطة استخدم العلاقة (13) لإيجاد سرعة الإلكترون v_x .

الأسئلة :-

كيف يمكن الفصل بين حزمة من الإلكترونات وأخرى من النيوترونات؟

2. كيف يمكنك السيطرة على سرعة حزمة إلكترونية؟

3. ما محتويات الأشعة المهبطية؟

تجربة (51)

ايجاد الشحنة النوعية للإلكترون (e/m_e) بطريقة المغنترون

Determination of the specific charge (e/m_e) for electrons using the magnetron method

الغرض من التجربة :-

قياس الشحنة النوعية ($\frac{e}{m_e}$) للإلكترون

النظرية :-

عندما يؤثر مجال مغناطيسي منتظم شدته B على إلكترون يتحرك بسرعة v وعموديا على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي فإن الإلكترون يتحرك في مسار دائري نصف قطره R تبعا للعلاقة الآتية :

$$Bev = \frac{m_e v^2}{R} \dots \dots \dots (1)$$

حيث إن m_e كتلة الإلكترون شحنته ونصف قطره $r_A / 2$ باستبدال شدة المجال B بشدة المجال الحرج B_c (أنظر إلى فقرة وصف المغنترون) تصبح المعادلة بالصيغة الآتية :

$$B_c ev = \frac{m_e v^2}{r_A/2} \dots \dots \dots (2)$$

باستخدام المعادلة الاعتيادية لطاقة الإلكترون تحت تأثير جهد المصعد V_a نحصل على:

$$eV_a = \frac{1}{2} m_e v^2$$

بحذف v من المعادلتين 2، 3 نجد أن :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{8V_a}{r_A^2 B_c^2} \dots \dots \dots (4)$$

إذا مثلنا التيار خلال الملف، عندما ينخفض تيار المصعد الى الصفر، بـ I_C يكون

$$B_c = \frac{\mu_0 N I_C}{L} \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن μ_0 السماحية المغناطيسية للفراغ و N عدد اللفات و L طول الملف. بالتعويض عن قيمة B_C من المعادلة (4) نحصل على:

$$\frac{e}{m_e} = \left(\frac{8L^2}{\mu_0^2 N^2 r_A^2} \right) \frac{V_a}{I_c^2} \dots \dots \dots (6)$$

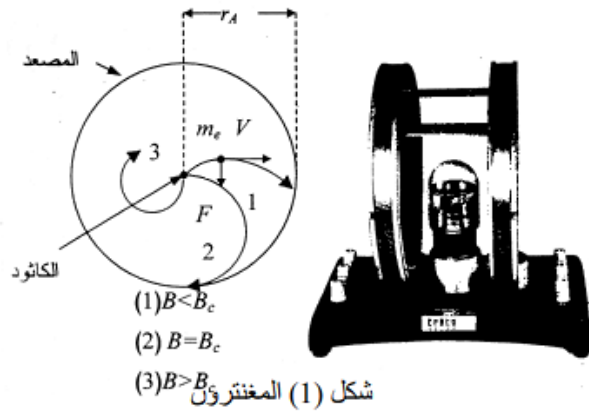
وعليه بقياس V_a و I_c يمكن إيجاد قيمة e/m_e

الأجهزة والأدوات المستخدمة:-

المغنترون، مجهز القدرة المستمرة، ملي أميتر عدد 2 فولتميتر عدد2، أسلاك توصيل

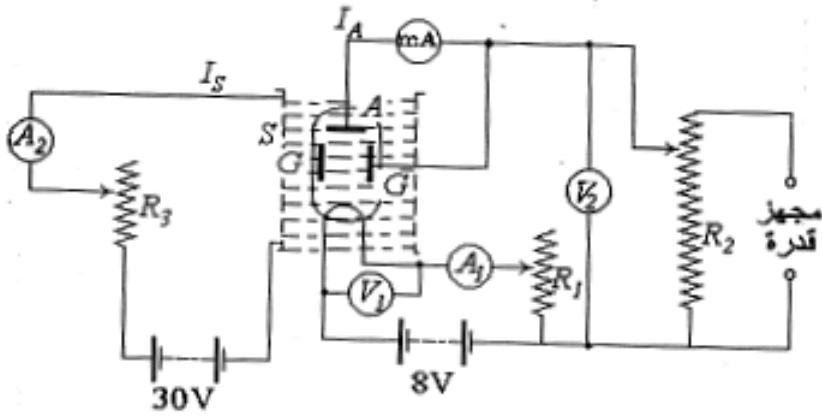
وصف المغنترون:-

المغنترون هو صمام ثنائي مفرغ من الهواء، يتكون من الفتيلة F التي يتم تسخينها مباشرة من خلال توصيلها بمجهاز القدرة جهده حوالي 8V وتقع هذه الفتيلة في وسط الصمام وعلى طول المصعد A الأسطواني الشكل (شكل (1b)) ويثبت الصمام بين الملفين - أنظر إلى شكل (1b) عند مرور التيار الكهربائي خلال الملف يتكون مجال مغناطيسي حول الصمام في حالة : عدم وجود المجال المغناطيسي B فان الإلكترون ينبعث من الفتيلة ويتحرك عموديا تحت تأثير المجال الكهربائي باتجاه المصعد الأسطواني. وفي حالة مرور الإلكترونات المنبعثة حراريا من الفتيلة سيكون تحت تأثير المجال المغناطيسي B بالإضافة إلى المجال الكهربائي E وبالتالي نجد أن تأثير القوة تجبره على الحركة في مسار منحنى نحو المصعد - مسار 1 شكل (1b) وبزيادة شدة المجال B يتناقص نصف قطر الانحناء وعندما يصل المجال B إلى القيمة معينة. فإن الإلكترون لا يستطيع الوصول إلى المصعد مسار (2) وسينخفض تيار المصعد فجائيا إلى الصفر وتعرف هذه القيمة للمجال B بالقيمة الحرجة B_C . ويكون مسار الإلكترون دائريا بنصف قطر $(r_A/2)$ حيث r_A نصف قطر المصعد إن هذه النقطة هي المراد الوصول إليها في هذه التجربة.



خطوات العمل:

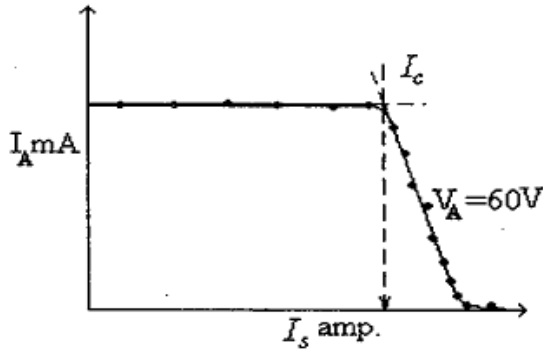
5- أوصل دائرة الصمام الثنائي والمجال المغناطيسي كما موضح في الشكل (2)



شكل (2)

2- باشر بتسخين فتيلة الصمام وذلك بتوصيلها بجهد مقداره بحدود 8 فولت. وأوصل المصعد بجهد قدره 60 فولت.

3- ابدأ بزيادة تيار الملف I_S تدريجياً بخطوات وكل خطوة بـ (0.5 A) وسجل تيار المصعد المقابل I_A ، عندما يبدأ تيار المصعد بالانخفاض سجل I_S بخطوات صغيرة ولتكن 0.1A إلى أن ينقطع تيار المصعد - أنظر إلى الشكل (3)



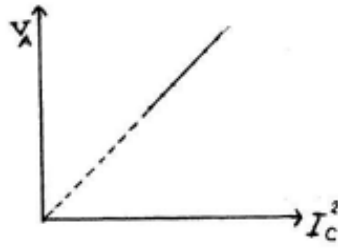
شكل (3)

5- كرر الخطوة الثالثة وذلك بتغيير جهد المصعد وليكن 70 و 80 و 90 و 100 فولت. ودون النتائج في جدول على النحو التالي:

I_A (mA)					
$V_A = 100V$	$V_A = 90V$	$V_A = 80V$	$V_A = 70V$	$V_A = 60V$	I_S (Amp)

6- ارسم العلاقة بين I_S , I_A لهذه المجموعة من النتائج ثم عين I_c لكل منحنى كما موضح في الشكل (3)

7- أرسم العلاقة بين كلا من V و V_a , I_c^2 بيانياً كما في الشكل (4) التالي :



شكل (4)

وبإيجاد ميل الخط المستقيم يمكن حساب معدل قيمة V_a^2/I_c^2 واستخدام هذه القيمة في المعادلة رقم (6) للحصول على قيمة e/m_e وقارن هذه القيمة مع القيمة النظرية للشحنة النوعية للإلكترون.

ملاحظة: I_c قيمة تيار الملف عندما يكون تيار المصعد = صفر

I_s تيار الملف

I_A تيار المصعد

الاسئلة:-

1. علام تعتمد قيمة e/m_e ؟
2. اذكر طرق أخرى تستخدم لحساب e/m_e .
3. ماذا يحدث لجسيم غير مشحون عندما يتحرك تحت تأثير مجالين متعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي.
4. ما التغير الذي يطرأ على شعاع إلكتروني يسير في خط مستقيم عندما يؤثر عليه مجال كهربائي عمودي على اتجاه مسار الشعاع؟

تجربة (52)

تأثير زيمان

Zeeman effect

الغرض من التجربة :

دراسة تأثير زيمان وتعيين الفاصلة $\Delta\nu$ للخطوط الطيفية.

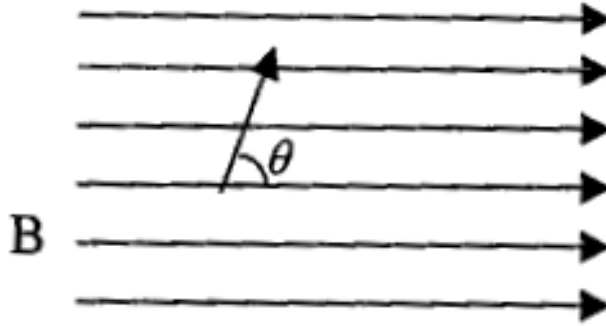
مقدمة:

اكتشف العالم الهولندي زيمان Zeeman عام 1896 ظاهرة انقسام الخط الطيفي للضوء إلى عدد من الخطوط تحت تأثير المجال المغناطيسي وسميت هذه الظاهرة بتأثير زيمان Zeeman effect . يعني هذا التأثير بدراسة التفاعل بين المجال المغناطيسي الخارجي المسلط والمجال المغناطيسي الداخلي للذرة. لقد وجد عند وضع مجموعة ذرية باعثة للضوء في مجال مغناطيسي شدته B فإن كل خط من خطوطها الطيفية ينشطر إلى عدد من الخطوط المتقطعة Discrete lines وتتناسب المسافة بين الخطوط مع شدة المجال المغناطيسي B.

النظرية :

عند وضع ثنائي قطب مغناطيسي magnetic dipole في مجال خارجي B فإنه يكتسب طاقة إضافية تعتمد قيمتها على كل من قيمة عزم ثنائي مغناطيسي μ واتجاهه بالنسبة للمجال . شكل (1) . والعزم $\mathcal{T}$ المؤثر على ثنائي قطب مغناطيسي الموضوع في مجال مغناطيسي شدته B هو :

$$\mathcal{T} = \mu B \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$



شكل (1)

حيث θ الزاوية بين B ، μ وقيمة العزم T تكون أكبر ما يمكن عندما يكون ثنائي القطب عمودياً على المجال ويساوي صفر عندما يكون موازياً أو معاكساً للمجال. يمكن حساب الطاقة الكامنة u للثنائي بأجراء التكامل على T كما يأتي:

$$\begin{aligned} u &= \int_{90}^0 T \, d\theta \\ &= \mu B \int_{90}^0 \sin \theta \, d\theta \\ u &= \mu B \cos \theta \dots \dots (2) \end{aligned}$$

تأخذ u اصغر قيمة وتساوي $(-\mu B)$ عندما يأخذ نفس أو عكس اتجاه B وهذه النتيجة منطقية وذلك لأن ثنائي القطبي يحاول أن يأخذ نفس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي. وبما أن العزم الثنائي المغناطيسي للإلكترون يدور في مدار معين يعتمد على كمية الحركة الزاوية L و Angular momentum فان قيمة واتجاه L بالنسبة للمجال يحددان الطاقة المغناطيسية للذرة في المجال. ويعطى العزم الثنائي المغناطيسي لحلقة من التيار بالعلاقة الآتية :

$$\mu = iA$$

حيث i قيمة التيار، و A المساحة المحصورة داخل الحلقة إذا افترضنا أن الإلكترون يعمل v من الدورات لكل ثانية في مدار دائري نصف قطره r فإن :

$$\mu = e v \pi r^2 \dots \dots (3)$$

علما ان v : سرعة خطية

v تردد دورة بالثانية

وبما أن السرعة الخطية v للإلكترون تعطى بـ $v = 2\pi r v$ وعليه فإن الكمية الحركية الزاوية L للإلكترون تكون بالصيغة الآتية :

$$\begin{aligned} L &= m_e v r \\ &= 2\pi m_e v r^2 \dots \dots (4) \end{aligned}$$

ومن المعادلتين (3) و (4) نجد أن:

$$\mu = -\left(\frac{e}{2m_e}\right) L \dots \dots (5)$$

وبالتالي فإن :

$$u = \left(\frac{e}{2m_e}\right) L B \cos \theta \dots \dots (6)$$

u : الطاقة المغناطيسية .

نجد أن u هي : دالة لكل من θ, B . ومن الشكل (2) نلاحظ أن الزاوية بين L والمحور Z تأخذ قيمة معينة بحيث تحقق العلاقة :

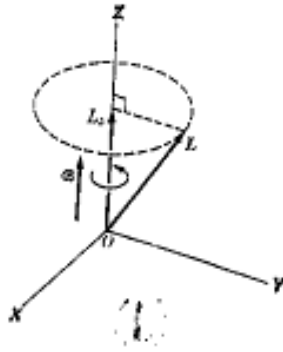
$$\cos \theta = \frac{m_l}{L}$$

حيث أن القيم المسموحة لـ L هي:

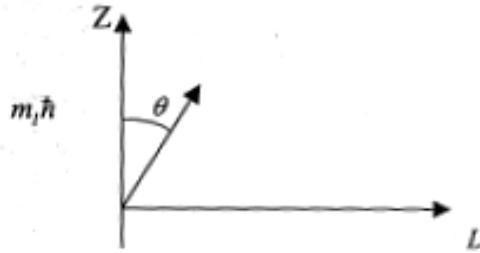
$$L = \sqrt{\ell(\ell + 1)}\hbar$$

تستطيع الآن إيجاد الطاقة المغناطيسية لذرة عددها الكمي المغناطيسي m_ℓ موجودة في مجال مغناطيسي وذلك بتعويض قيمة $\cos \theta$ و L في المعادلة (6) إذ نجد أن :

$$u = m_\ell \left(\frac{e}{2m_e}\right) B \dots \dots (7)$$



شكل (b 2)



شكل (a 2)

وتدعى الكمية $\mu_B = \frac{eh}{2m_e}$ بمغنتيون - بوهر Bohr magneton (m_ℓ) ويدعى بالعدد الكمي المغناطيسي ويأخذ القيم ($m_\ell = \pm \ell$) حيث ℓ العدد الكمي وبأخذ القيم $\ell = 0, 1, 2, \dots, n, n-1$ العدد الكمي الأساسي علما

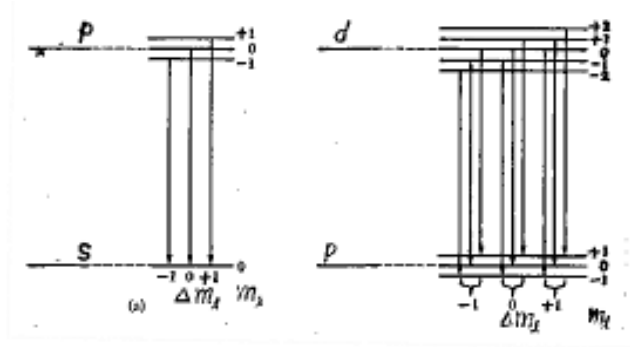
$$[\mu_B = 9.273 \times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}]$$

Principle quantum number وعليه عندما تكون الذرة في مجال مغناطيسي B فإن الحالة ذات العدد الكمي المداري ℓ تنشط إلى $(2\ell + 1)$ حالة ثانوية و فرق الطاقة بينها يساوي $\frac{eh}{2m_e}$

والانتقالات المسموحة بين المستويات الثانوية تخضع لقاعدة الانتقاء Selection rule الآتية:

$$\delta m_\ell = \pm 1$$

من ثم فإن خط الطيف الناتج من الانتقال بين حالتين ذرتين عديدين كميين مداريين (ℓ) مختلفين ينشط إلى ثلاثة خطوط [انظر إلى الشكل (3)]



شكل (3)

وهذا يعني أن الخط الطيفي الذي تردده ν_0 ينشطر إلى ثلاثة خطوط بترددات :

$$\nu_1 = \nu_0 - \frac{e}{4\pi m_e} B$$

$$\nu_2 = \nu_0 \dots \dots \dots (8)$$

$$\nu_3 = \nu_0 + \frac{e}{4\pi m_e} B$$

وهذه الظاهرة تسمى بتأثير زيمان العادي Normal Zeeman effect أن التغير في التردد

المقاس هو :

$$\Delta\nu = \pm \frac{e}{4\pi m_e} B \dots \dots \dots (9)$$

يمكن ملاحظة الإزاحة الموجية $\Delta\lambda$ باستخدام لوحة لارمور Larmor المركبة على جهاز

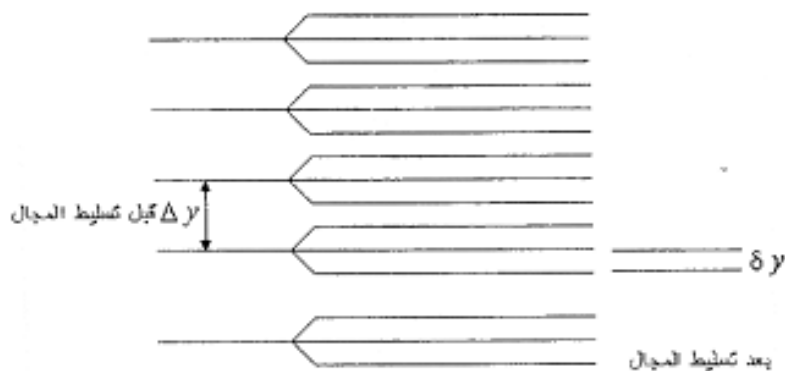
زيمان وتعطي بالعلاقة الآتية:

$$\Delta \frac{\delta y \lambda^2 \sqrt{n^2 - 1}}{2d (n^2 - 1)} \dots \dots \dots (10)$$

إذ إن Δy تمثل المسافة الفاصلة بين خطوط التداخل بدون وجود المجال المغناطيسي

δy هي المسافة بين المركبتين شكل (4) و λ الطول الموجي المستخدم

(خط الكادميوم $\lambda = 2643.8$) و d سمك لوحة لارمور و n معامل انكسار مادة لوحة لارمور.



شكل (4)

وقد وجد أن النسبة $\delta y / \Delta y$ تكون بحدود $1/4$ عندما تكون شدة المجال المغناطيسي B بحدود 0.7 تسلا Tesla ويمكن حساب الفاصلة الترددية $\Delta \nu$ من إزاحة الطول الموجي $\Delta \lambda$ من العلاقة الآتية :

$$\Delta \nu = -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda \dots \dots \dots (11)$$

والفاصلة الترددية $\Delta \nu$ يمكن أن تكون موجبة أو سالبة.

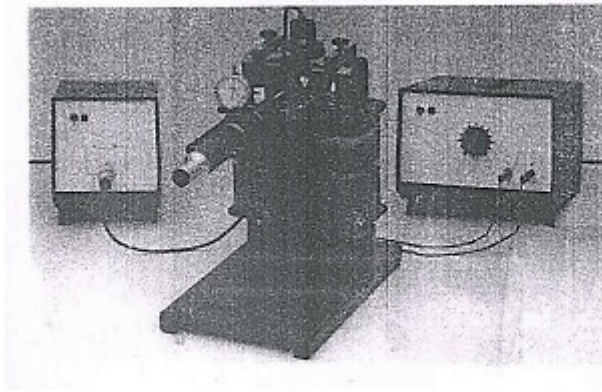
الأجهزة والأدوات المستخدمة :-

جهاز زيمان مع ملحقاته ، موضح في الشكل (5)

خطوات العمل :-

2. ثبت المسافة بين قطبي المغناطيس بحدود 10 سم وثبت مصباح الكادميوم بين القطبين وفي حالة عدم تثبيت القطبين بشكل جيد فإن ذلك يؤدي إلى تحطم المصباح.

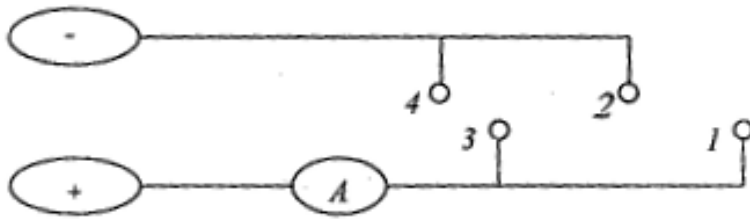
3. استخدم المرشح filter الأحمر لانتقاء الخط الأحمر وثبت لوحة لارمور في مكانها المخصص لها. وعدل لوحة لارمور والتسكوب حتى تظهر أهداب التداخل بوضوح.
4. أوصل المغناطيس بمصدر التيار وأبدأ بزيادة التيار تدريجياً إلى أن نلاحظ إنقسام الخطوط كما هو موضح في الشكل (3)
5. احسب قيمة $\Delta\lambda$ مستخدماً العلاقة (10) ومن ثم احسب $\Delta\lambda$ مستخدماً العلاقة (11).



شكل (5)

ملاحظة :

استعن بهذا الشكل التوضيحي لتوصيل الملف بالجهد الكهربائي.



شكل (6)

الأسئلة:

- هل للـ إلكترون حول نفسه أي تأثير على تأثير زيمان؟ وضح ذلك.
- كم تكون الإزاحة الموجية $\Delta\lambda$ بالنانومتر الناتجة من تأثير زيمان العادي لخط طيفي طوله الموجي 491.6 نانومتر من طيف مصباح الزئبق الموجود في مجال مغناطيسي قدره 0.5 تسلا؟
- ما ترددات الفوتونات الثلاثة التي يمكن ملاحظتها في خط طيفي طوله الموجي 450 نانومتر عند وضع المصدر في مجال مغناطيسي قدره 0.4 تسلا ؟

تجربة (53)

تعيين قيمة ثابت ريدبرج (R)

Determination of the Rydberg's constant (R)

الغرض من التجربة :

دراسة طيف ذرة الهيدروجين وإيجاد قيمة ثابت ريدبرج (R) .

مقدمة :

لقد وجد ريد برج Rydberg عام 1889 أن كثيرا من الخطوط الطيفية في السلاسل الطيفية المنبعثة لمصدر مشع ترتبط مع بعضها بشكل بسيط يمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

حيث إن الطول الموجي للخط في السلسلة و R ثابت ريد برج n_i و عدد صحيح و أكبر من 2. استنتج ريد برج هذه المعادلة تجريبيا دون الإثبات الرياضي. ووضع الإثبات الرياضي بها فيما بعد على أساس نموذج بوهر Boher model لذرة الهيدروجين والسلسلة التي تتبع هذه العلاقة سميت لاحقا بسلسلة بالمر Balmer series . بالإضافة لسلسلة بالمر ، هناك سلاسل أخرى لخطوط طيف الهيدروجين مثل سلسلة ليمان و باشن و براكيت و فوند.

النظرية :

يعد نموذج بوهر لذرة الهيدروجين نقطة البداية لفهم التركيب الذري والعلاقات المتحصلة في هذا النموذج هي أساس فهم نظرية الكم Quantum theory . تبعا لهذا النموذج تتكون ذرة الهيدروجين من الكترون واحد كتلته m_e وشحنته e - يدور في مدار دائري حول نواة موجبة كتلتها M وشحنتها $+Ze$ حيث z العدد الذري ويساوي 1 بالنسبة لذرة الهيدروجين. تبعا لقوانين الميكانيكا التقليدية وقوة كولوم الكهربائية :

$$\frac{m_e v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2} \dots \dots \dots (2)$$

حيث $k = 1/4\pi\epsilon_0$, نصف قطر مدار الإلكترون وع شحنة الإلكترون. وقد اعتبر بوهر هذا الفرض الأول لنموذجه. ثم أدخل في نموذجه نظرية الكم والذي يعتبر الفرض الثاني، إذ فرض أن كمية الحركة الزاوية للإلكترون $m v r$ يجب أن تساوي عددا صحيحا لـ $\hbar$ أي :

$$m_e v r = n \hbar \dots \dots \dots (3)$$

حيث $\hbar = h/2\pi$ ثابت بلانك و n عدد صحيح يعرف بعدد الكم الأساسي principle quantum number وهذا يعني أن الإلكترون مقيد بالحركة في مدار معين ومن المعادلتين (2) و (3) يمكن أن نجد نصف قطر المدار :

$$r_n = \frac{\hbar^2}{m_e e^2 Z k} \cdot n^2 \dots \dots \dots (4)$$

و عندما $n = 1$ تكون قيمة $r_1 = 0.529 \times 10^{-10}$

أما الفرض الثالث في نموذج بوهر ذو علاقة بانبعث وامتصاص الضوء من قبل الذرة، إذ افترض بوهر أنه لا يمكن للإلكترونات الموجودة في المدارات الثابتة أن يبعث أو يمتص الضوء، إنما يحدث ذلك فقط حينما يقفز الإلكترون من مدار إلى مدار آخر. وتردد الضوء المنبعث يعطى بالعلاقة

$$h\nu = E_f - E_i \dots \dots \dots (5)$$

حيث E_i الطاقة الكلية للإلكترون في المدار الابتدائي و E_f الطاقة الكلية للإلكترون في المدار النهائي و h ثابت بلانك و ν تردد الضوء المنبعث يلاحظ هنا أن فروض بوهر هي مزيج من الفيزياء التقليدية (قانون نيوتن وكولوم) والفيزياء الكمية الفوتون وتكمم الحركة الزاوية). ويمكن حساب الطاقة الكلية للإلكترون E_t في أي مدار من المدارات بجمع الطاقة الحركية وطاقة الوضع والحصول على الصيغة الآتية :

$$E_t = \frac{-m_e e^4 Z^2 k^2}{2n^2 \hbar^2} \dots \dots \dots (6)$$

الإشارة السالبة تدل إلى ضرورة بذل الشغل على الإلكترون لنزعه من الذرة ويمكن كتابة المعادلة (6) على الشكل الآتي:

$$E_t = -\omega_0 \frac{1}{n^2} \dots \dots \dots (7)$$

حيث قيمة ω_0 تكون على النحو الآتي:

$$\omega_0 = \frac{-m_e e^4 Z^2 k^2}{2n^2 \hbar^2} = 2.1793 \times 10^{-19} \text{J} = -13.6 \text{ eV}$$

تعد المعادلة (6) معادلة مهمة في دراسة تركيب الذرة إذ تعطي طاقة مستويات ذرة الهيدروجين عندما تشغل أيّاً من مستوياتها المسموحة.

عندما يحدث الانتقال من المستوى النهائي E_f إلى المستوى الابتدائي E_i حيث إن n_f أكبر من n_i فطاقة الفوتون المنبعث تعطي بالعلاقة:

$$h\nu = \omega_0 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

وبدلالة الأعداد الموجبة (2/1) تكون المعادلة بالصيغة الآتية :

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\omega_0}{hc} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

أو

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \dots \dots \dots (9)$$

تلاحظ أن هذه المعادلة تشبه المعادلة (1) عندما يكون $n_f = 2$. يتضمن سلسلة بالمر

$n_i = 3, 4, 5, \dots, n_f = 2$ عدداً من الخطوط الطيفية المنظورة الموضحة في الجدول

رقم (1)

n_i	n_f	الطول الموجي A	لون الخط
3	2	6562	H_α احمر
4		4861	H_β أزرق مخضر
5		4340	H_γ ازرق
6		4102	H_δ بنفسجي

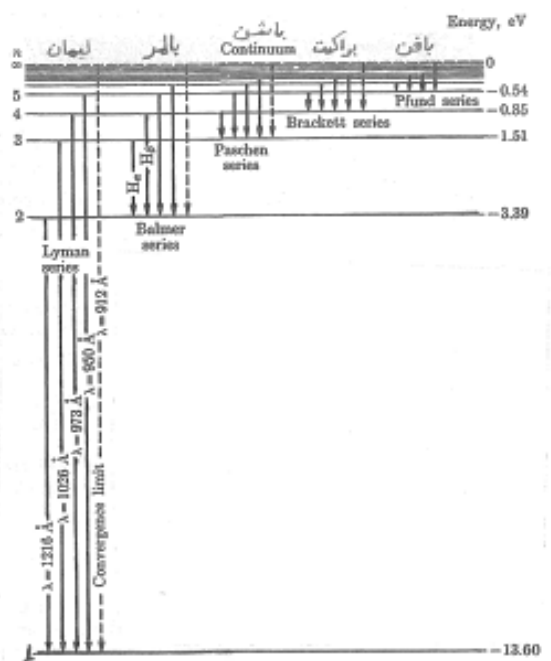
جدول (1)

بالإضافة إلى سلسلة بالمر المنظورة هناك سلاسل أخرى لخطوط طيف الهيدروجين كما

هي موضحة في الشكل (1) والمدرجة تفصيلها في الجدول (2)

منطقة الطيف	n_i	n_f	اسم السلسلة
فوق بنفسجية	2,3,4....	1	ليمان Lyman
منظورة	3,4,5....	2	بالمر Balmer
تحت حمراء	4,5,6....	3	باشن Pachen
تحت حمراء	5,6,7....	4	براكت Bracket
تحت حمراء	6,7,8....	5	فوند Pfund

جدول (2)



شكل (1)

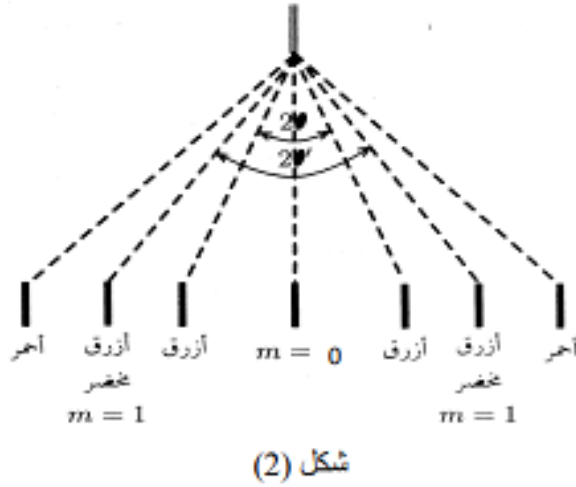
الأجهزة والأدوات المستخدمة :

مصباح الهيدروجين مع جهاز القدرة الكهربائية، مطياف ، عدسة محدبة بعدها البؤري 5cm، محرز حيود منضدة لترتيب الأجهزة.

خطوات العمل :

1. ثبت مصباح الهيدروجين على بعد حوالي 20 cm من الشق المثبت في نهاية مجمع الأشعة collimeter بحيث يكون المصباح على مستوى المطياف نفسه .
2. عدل المطياف [يمكن هذا الرجوع إلى التجربة (1) بالوحدة الثالثة من هذا الكتاب] بصورة جيدة وعدل عرض الشق حتى تشاهد الصورة التقديرية للخط اللوني النافذ من الشق بوضوح على الشعيرتين المتقاطعتين للتلسكوب.
3. ثبت العدسة المحدبة بين المصباح والشق على نقطة البؤرة للعدسة تماماً وذلك للأشعة المنبعثة من مصباح الهيدروجين

4. دور التلسكوب تدريجياً حتى تجد زاوية كل من الرتبة الأولى ($m=1$) والرتبة الثانية ($m = 2$) كما موضح في الشكل ((2)). ورتب نتائجك بالجدول (3).



$\lambda = a \sin \theta / m$	$\theta = (\theta_L + \theta_R) / 2$	θ_L	θ_R	الخط الطيفي	
				احمر	الرتبة الأولى $m = 1$
				ازرق مخضر	
				أزرق	
				بنفسجي	
				احمر	الرتبة الثانية $m = 1$
				ازرق	
				أزرق مخضر	
				بنفسجي	

جدول (3)

5. أوجد قيمة R مستخدماً المعادلة (1) لكل خط وفي كل رتبة ثم أوجد متوسط قيمة R لهذه السلسلة.

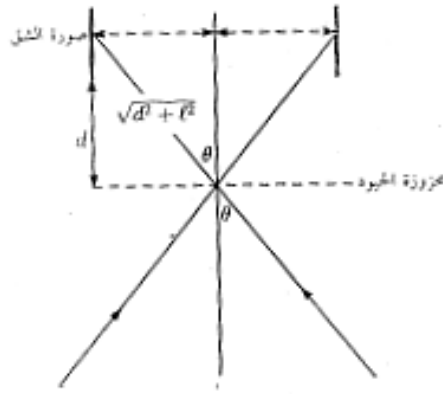
إضافة:

في حالة عدم توفر جهاز المطياف في المختبر يمكن إتباع الخطوات الآتية :

1. ضع الشق الضيق أمام مصباح الهيدروجين
2. ضع المحرز على بعد معين من الشق
3. ثبت شاشة على بعد d من المحرز كما موضح في الشكل (3)

يمكن الآن التقاط صور الخطوط على الشاشة كما موضح في الشكل ومن الشكل نلاحظ :

$$\sin \theta = \frac{\ell}{\sqrt{d^2 + \ell^2}}$$



شكل (3)

وباستخدام معادلة الحيود من الرتبة الأولى $a \sin \theta = \lambda$ حيث الأولى a ثابت المحرز نجد أن :

$$\lambda = \frac{a \lambda}{\sqrt{d^2 + \ell^2}}$$

حيث d المسافة بين الشق والمحرز و ℓ هي المسافة بين صورة الشق والخط الطيفي في الرتبة الأولى. ومن قياسات

d و ℓ وحساب a يمكن إيجاد قيمة الطول الموجي λ ومن ثم حساب قيمة R باستخدام معادلة ريد برج

(معادلة رقم 1).

الأسئلة:

- 1- ما المقصود بالمعادلة التجريبية؟
- 2- لماذا استخدمنا سلسلة بالمر في هذه التجربة دون السلاسل الأخرى؟
- 3- أحسب قيمة R نظرياً. وقارن نتائجك بهذه القيمة؟
- 4- علام يعتمد لون الخط في سلسلة بالمر في ذرة الهيدروجين؟
- 5- ماذا تمثل قيمة w_0 ؟

تجربة (54) التوزيع الإحصائي للعد Counting statistic

الغرض من التجربة :-

دراسة الطبيعة العشوائية لعملية الانحلال الإشعاعي Radioactivity . decay ورسم المدرج التكراري ومنحنى التوزيع للقياسات.

النظرية :

من المعروف أن أي قياس يجري على مصدر مشع يعتبر مستقلاً عن القياسات السابقة والمتتالية في زمن معين لأن عملية الانحلال الإشعاعي هي عملية عشوائية أي أن القيم المتحصل عليها موزعة حول القيمة المتوسطة لها وهذا يعني قبولنا بأخطاء صغيرة عند تسجيل العد. وعندما يكون عدد هذه القياسات (N) كبير يمكن تطبيق النماذج الإحصائية على هذه القياسات والنموذج الإحصائي المناسب للقياسات الإشعاعية هو توزيع بوزون Poisson distribution ونذكر الطالب هنا بأن هذا التوزيع يؤول إلى توزيع جاوس عند أخذ عدد كبير من القياسات الذي شرحناه في مقدمة الكتاب واستخدمناه في تقدير الخطأ العشوائي. ومن المتغيرات الإحصائية التي نجدها هنا : المتوسط الحسابي $\bar{R}$ والانحراف المعياري Standard deviation σ والتباين s^2 Variance. ومن ثم نرسم المدرج التكراري ومنحنى التوزيع. المتوسط الحسابي لـ N من معدلات القياسات المستقلة الذي يعطى بالعلاقة الآتية :

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} R_i \dots \dots \dots (1)$$

حيث $i = 1, 2, 3, \dots \dots N$

وانحراف معدل العد الفردي عن المتوسط هو $(R_i - \bar{R})$ ومن تعريف $\bar{R}$ نجد أن:

$$\sum_{i=1}^{i=N} (R_i - \bar{R}) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

أما التباين S^2 في القياسات فتعطي بالعلاقة الآتية :

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} R_i - \bar{R} \dots \dots \dots (3)$$

والانحراف المعياري لتوزيع بوزون يعطى بالعلاقة :

$$\sigma = \sqrt{\bar{R}} \dots \dots \dots (4)$$

واحتمالية الحصول على عد مفرد تعطى بالعلاقة الآتية :

$$\rho_{(R)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi R}} e^{-(R-\bar{R})^2/2R} \dots \dots \dots (5)$$

حيث $\bar{R}, R$ يحددان هنا شكل التوزيع وتعرف هذه المعادلة بالمعادلة العامة للتوزيع الطبيعي

وتعطى بالعلاقة الآتية :

$$y = \frac{N}{\sqrt{2\pi R}} e^{-\frac{x^2}{2R}} \dots \dots \dots (6)$$

حيث N عدد القياسات و x هذا الانحراف عن القيمة المتوسطة للتوزيع ويساوي

$$y = N\rho_{(R)} \quad \text{أما} \quad (R - \bar{R})$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

عداد جايجر وملحقاته الإلكترونية، مصدر مشع ذو نصف عمر طويل.

خطوات التجربة :

1. اوصل الأجهزة كما في الشكل رقم (1) مع ضبط جهد التشغيل لعداد جايجر.
- 2- ثبت المصدر المشع أمام نافذة أنبوبة جايجر وعلى بعد مناسب بحيث تحصل على عد مناسب من المعدودة في فترة نصف دقيقة.

3- كرر الخطوة 2 في حدود 100 مرة بدون أن تتغير في موقع المصدر ودون القراءات في الجدول (1)

$$\bar{R} = \dots\dots\dots, \sigma = \dots\dots\dots$$

$(R - \bar{R})$	S^2	$(R_i - \bar{R})$	R_i	i
				1
				2
				3
				
				
				100

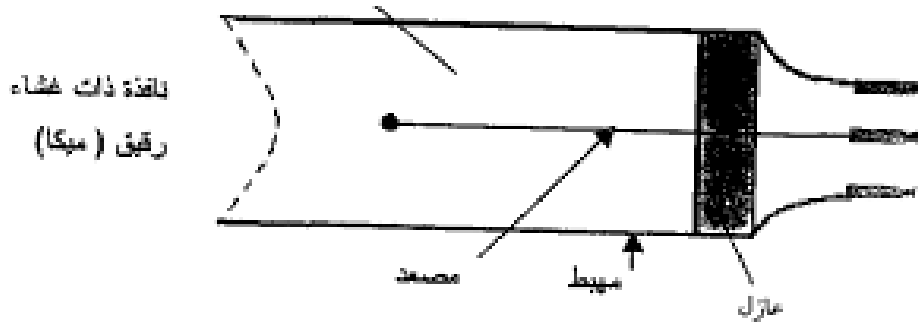
جدول (1)

النتائج والحسابات :

1. أرسم المدرج التكراري للقياسات.
2. احسب $\bar{R}$ و σ و s
3. احسب $N\rho_{(R)}$ لكل قياس.
4. رسم منحني التوزيع للقياسات على نفس الورقة التي رسمت عليها المدرج التكراري وقارن بينهما.

الاسئلة:-

- 1- عرف الخطأ المعياري؟
- 2- ما الفرق بين المدرج التكراري ومنحنى التوزيع؟
- 3- لماذا قيمة σ لا تتفق مع قيمة s



شكل (1) عداد كايكر

تجربة (55)

تحقيق قانون التربيع العكسي

Inverse square law

الغرض من التجربة :

توضيح وجه التشابه بين الضوء العادي وأشعة وحيث أن شدة كل منهما تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين المصدر ونقطة القياس.

النظرية :

إن التشابه بين أشعة الضوء المنظور وأشعة جاما وهو أن كلا منهما أشعة كهرومغناطيسية وهذا يؤدي إلى أن كلا منهما يخضع إلى المعادلات نفسها في حساب طاقة الفوتونات.

$$E = hv \dots \dots \dots (1)$$

حيث E طاقة الفوتون ولا تردد الفوتون و ثابت بلانك planks constant ، لتوضيح قانون التربيع العكسي من الأفضل وضع تناظر بين مصدر الضوء المنظور ومصدر أشعة γ . بفرض أن هناك مصدر ضوء نقطي يبعث فوتونات الضوء بمعدل فوتون كل ثانية و بقدر متساوي في جميع الاتجاهات. عند وضع هذا المصدر في مركز قشرة كروية نصف قطرها r فإن شدة الإضاءة (I_0) على السطح تعطى بالعلاقة :

$$I_0 = \frac{N_0}{A} \dots \dots \dots (2)$$

حيث N_0 العدد الكلي للفوتونات لكل ثانية المنبعثة من المصدر و A المساحة الكلية للسطح بالسنتيمترات المربعة

$$A = 4\pi r^2 \text{ و } (cm^2) \text{ بالتعويض في (2) عن A نحصل على:}$$

$$I_o = \frac{N_o}{4\pi r^2} \dots \dots \dots (2)$$

في المعادلة (3) نجد كلا من (4) و (N) ثابت وأن I_o تتناسب تناسبا عكسيا مع r^2 أي أن:

$$I_o \propto \frac{1}{r^2} \dots \dots \dots (3)$$

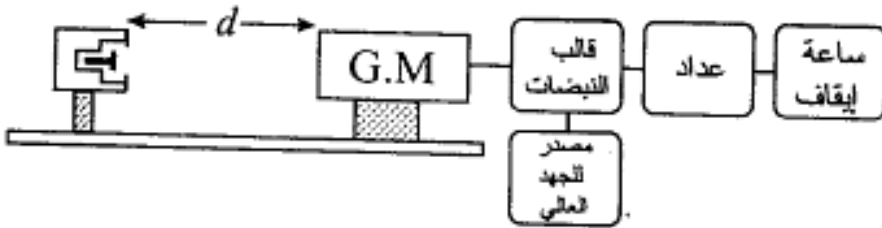
فهدف التجربة هو تحقيق هذه المعادلة .

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

عداد جايجر والأجهزة الإلكترونية التي بتجربة عداد كاير (57)، مصدر لأشعة γ مثل سيزيوم 137 أو غيره، مسطرة لقياس البعد، حامل لتثبيت العداد والمسطرة.

خطوات العمل :

- A. صل الأجهزة كما هو موضح بالشكل (1)
- B. ضع المصدر على بعد 1 cm من نافذة العداد وعلى استقامتها.
- C. ثبت فولتية التشغيل لعداد جايجر.



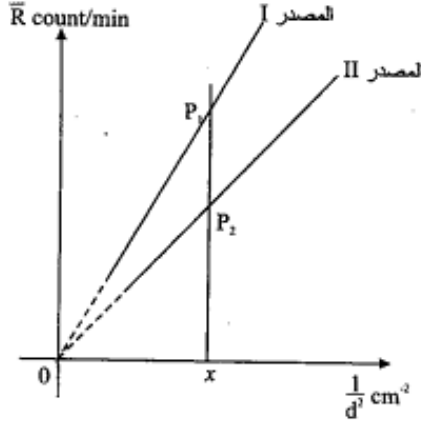
شكل (1)

- D. ابدأ في تشغيل الجهاز للعد لزمن كافي للحصول على حوالي 4000 معدودة.
- E. حرك المصدر إلى مسافة 2 cm وخذ قراءة العداد لنفس الفترة الزمنية السابقة.
- F. غير المسافة بين المصدر والكاشف تدريجيا بزيادة 1cm في كل مرة وخذ قراءة العداد لنفس الفترة الزمنية السابقة لكل موضع على حدة.
- G. ابعد المصدر وسجل معدل إشعاعات الخلفية لنفس الفترة الزمنية مرتين أو ثلاثة ثم أوجد المتوسط
- H. دون النتائج في جدول كما هو موضح.

المسافة d	$1/d^2$	معدل العد الملاحظ R	معدل العد الصحيح $\bar{R}$
1cm			
2cm			
3cm			
.....			

النتائج والحسابات:

صحح معدل العد وذلك بتعيين $\bar{R}$ معدل العد الصحيح من زمن التحليل (المعادلة (7) ص234 تجربة (58)) T ومعدل الإشعاعات الخلفية كما هو موضح بالتجربة (58) ثم املأ الجدول السابق ارسم العلاقة بين $\bar{R}$ على المحور $y, 1/d^2$ و $1/4$ على المحور x نحصل على خط مستقيم كما هو موضح بالشكل (2) وهذا ما يحقق قانون التربيع العكسي لاحظ أنه ربما تنحرف النتائج عن الخط المستقيم عند المسافات الأولى الصغيرة.



شكل (2)

يمكن لطالب إجراء مقارنة بين فاعلية مصدرين مشعين I, II لأن ميل الخط المستقيم المتحصل عليه يعبر عن فاعلية المصدر وعند إستخدام مصدر مشع آخر وإجراء التجربة دون تغيير هندسة التجربة نحصل على خط مستقيم آخر وبحساب الميل له تستطيع المقارنة بين فاعليتي المصدر I والمصدر II .

$$\frac{p_1 x}{p_2 x} = \frac{p_1 x / ox}{p_2 x / ox} = \frac{\text{ميل المستقيم } op_1}{\text{ميل المستقيم } op_2} = \frac{\text{فاعلية المصدر I}}{\text{فاعلية المصدر II}}$$

الأسئلة:-

1. أثبت قانون التربيع العكسي؟ ميل المستقيم op_1
2. هل تخضع حزمة من جسيمات β لقانون التربيع العكسي؟
3. أي من الكواشف تستخدم لرسم طيف مصدر جاما؟ ولماذا؟

تجربة (56)

دراسة التوزيع الزاوي للإشعاع المنبعث من مصدر مشع

Study of directional emission from a radioactive source

الغرض من التجربة :-

تهدف هذه التجربة لتوضيح أن شدة الإشعاع المنبعثة من مصدر مشع غير منتظمة عندما تقاس من اتجاهات مختلفة بالنسبة للمصدر.

مقدمة :-

إن المصادر المشعة المستخدمة في المختبرات ليست على شكل نقط صغيرة مشعة، بل في الغالب تكون على شكل أقراص صغيرة، لهذا السبب يكون توزيع شدة الإشعاع ليس منتظماً عندما تقاس من اتجاهات مختلفة حول المصدر ولكن عندما يكون المصدر على شكل نقطة صغيرة يكون توزيع شدة الإشعاع تقريباً منتظمة لجميع اتجاهات القياس.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

عداد جايجر، مصدر للجهد العالي واقى من الرصاص لحفظ وتثبيت العداد، قالب نبضات ساعة إيقاف، مصادر مشعة (β أو γ)، أسلاك توصيل، لوح خشب على شكل نصف دائرة بها تدريج زاوي كالمنقلة

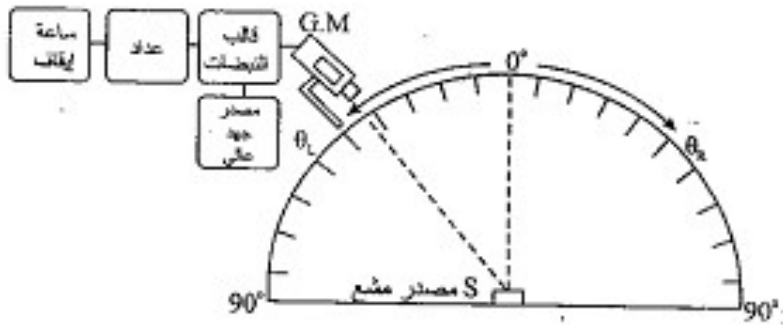
خطوات العمل :

1. وصل الأجهزة كما هو موضح شكل (4).
2. ثبت عداد جايجر على اللوح النصف دائري بواسطة زالق كما هو موضح بالشكل (1) بحيث يسهل تحريك العداد على محيط نصف الدائرة حول المصدر
3. ضع المصدر المشع عند مركز محيط نصف الدائري.
4. ثبت جهد التشغيل للعداد على جهد التشغيل الذي تم ايجاده من تجربة عداد كايكر.

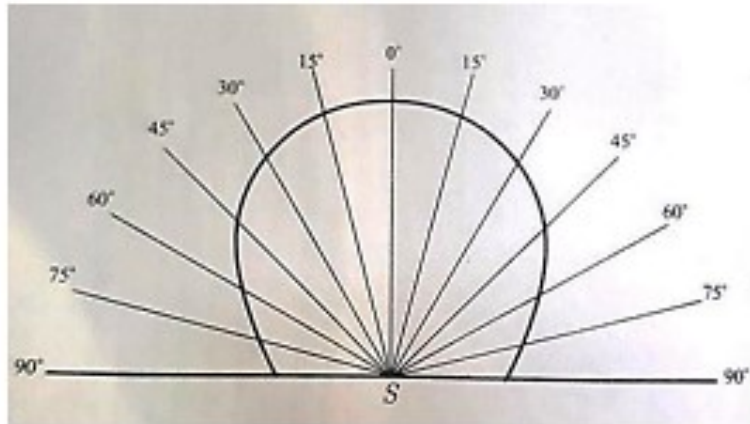
(57).

5. ضع العداد في اتجاه عمودي على المصدر ($\theta = 0^\circ$) ثم دون قراءة العداد لمدة دقيقة.

6. كرر الخطوة السابقة ثلاث مرات ثم احسب المتوسط الحسابي $\bar{R}$.
7. كرر الخطوات السابقة لقيم أخرى من الزاوية θ وبخطوات منتظمة كل منها 50° أو 100° على جهتي المحور العمودي للمصدر.
8. أبعد المصدر وسجل الإشعاعات الخلفية R_0 .
9. سجل القراءات كما هو بالجدول (1)



شكل (1)



شكل (2)

$$R_0 = \dots \dots \dots$$

$\bar{R} - R_0$	$\bar{R}$	R_3	R_2	R_1	θ_R^0	$\bar{R} - R_0$	$\bar{R}$	R_3	R_2	R_1	θ_L^0
					0						0
					5						5
					10						10
					15						15
					.						.
					.						.

جدول (1)

النتائج والحسابات :-

ارسم العلاقة بين القراءات $\bar{R} - R_0$ والزاوية θ في الإحداثيات القطبية لتحصل على منحنى كالذي بشكل (2) ، والذي يوضح التوزيع الزاوي لشدة الإشعاع المنبعثة من مصدر مشع.

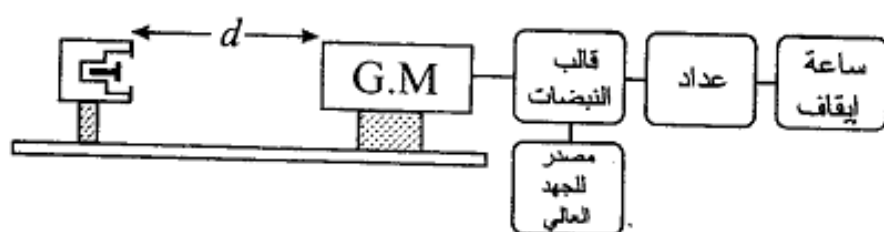
الأسئلة :-

ما المقصود بالإحداثيات القطبية؟

هل تنطبق هذه التجربة على الأشعة الكهرومغناطيسية الأخرى؟



شكل (3)



شكل (4)

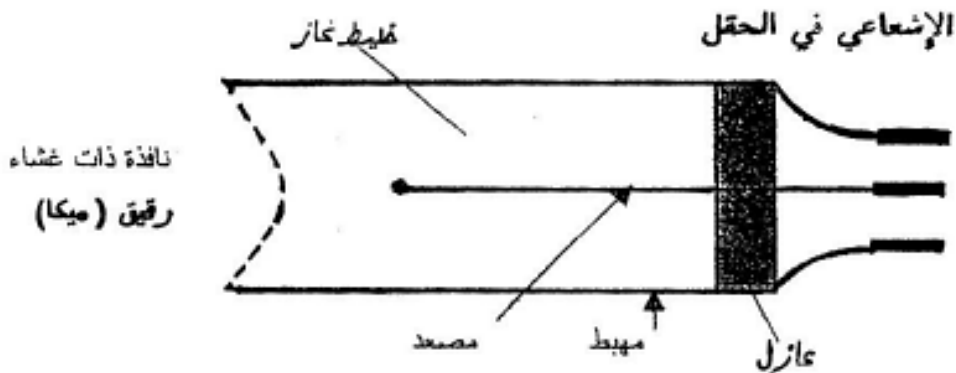
تجربة (57) عداد جايجر Geiger Counting

الغرض من التجربة :-

تعريف الطالب بعداد جايجر وخصائصه، وإيجاد جهد التشغيل له.

مقدمة :

يمتاز عداد جايجر ببساطة تركيبه إذ يتركب كما هو موضح بشكل (1) من مهبط معدني على شكل اسطوانة يطلّى سطحها الداخلي بالجرافيت لكي يتوزع المجال الكهربائي بانتظام. والأسطوانة مملوءة من 90% بغاز الأرجون الخامل وهو غاز أحادي الذرة، و10% من غاز الكلور والضغط داخل الأنبوبة حوالي ضغط جوي واحد "atm". يوجد في مقدمة الأنبوبة نافذة من غشاء رقيق من الميكا لاستقبال الأشعة، وعليه يحذر من لمس النافذة حتى لا تتحطم. أما المصعد يتركب من سلك رفيع من التنجستن وذلك للحصول على مجال كهربائي عالي جدا. توجد عدة تصميمات أخرى لعداد جايجر بعضها قابل للنقل والاستخدام في المسح الإشعاعي في الحقل.

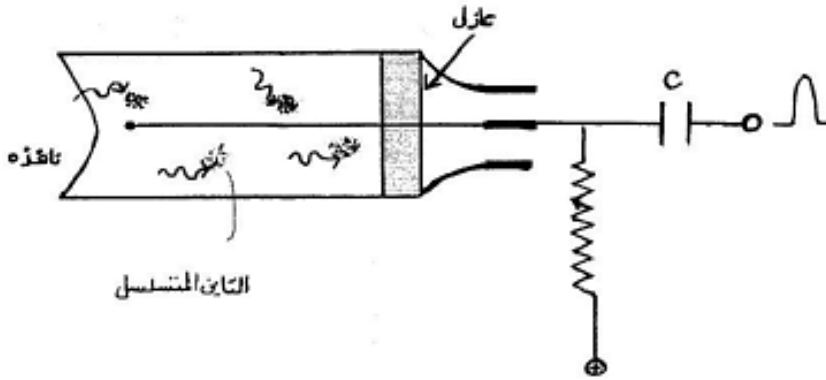


شكل (1)

النظرية :-

عندما يصل فرق الجهد بين قطبي الأنبوبة إلى منطقة تعرف بمنطقة جايجر Geiger region يصبح كافياً لتوليد مجال كهربائي قادر على إنتاج تأينات متسلسلة avalanche ومن ثم يمكن لأي تأين متسلسل أن يحدث هو الآخر تأيناً متسلسلاً آخر. وتبعاً لذلك يتكون تفاعل متسلسل ذاتي الانتشار وتتجه الإلكترونات بعد ذلك نحو المصعد وبالتالي تظهر نبضة كهربية بحدود 1v عند هذا القطب.

يبين الشكل (2) أنبوبة جايجر وآلية توليد التأين المتسلسل داخل الغاز.



شكل (2)

يستخدم هذا العداد للكشف عن الإشعاعات النووية ولا يمكن استخدامه في تحليل طيف الإشعاع لأن المعلومات الخاصة بقيمة الطاقة الممتصة تضعف أثناء التفاعل بين الإشعاع والغاز، وفي الواقع تمثل النبضة الناتجة عن أنبوبة جايجر كمية من الشحنات المتجمعة على القطبين أي بحدود 10^9 إلى 10^{10} زوجاً من الأيونات، ومن ثم فإن ذلك يساعد على استغناء عن الكثير من الإلكترونات التي تستخدم عادة لتضخيم النبضة.

وبالرغم من هذه الخاصية التي تتميز بها أنبوبة جايجر فإن الزمن الميت dead time لهذه الأنبوبة طويل، ومن ثم يقتصر استخدامها للكشف عن الإشعاعات التي تكون معدلاتها أقل من 4000 عد/ثانية. انظر التجربة 58

وغالباً ما يتم إجراء تصحيح مناسب لمعدل العد R [انظر إلى التجربة رقم (58)]

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

عداد جايجر، مصدر للجهد العالي وافي من الرصاص لحفظ وتثبيت العداد، قالب نبضات ساعة إيقاف، مصادر مشعة (β أو γ)، أسلاك توصيل.

خطوات العمل :

وصل الأجهزة الإلكترونية كما هو بشكل (3)

صفر العداد بوضع كل القراءات له صفر.

ضع المصدر المشع « جسيمات β » TI^{204} أمام نافذة عداد جايجر وعلى بعد 2cm منها تقريباً .



شكل (3)

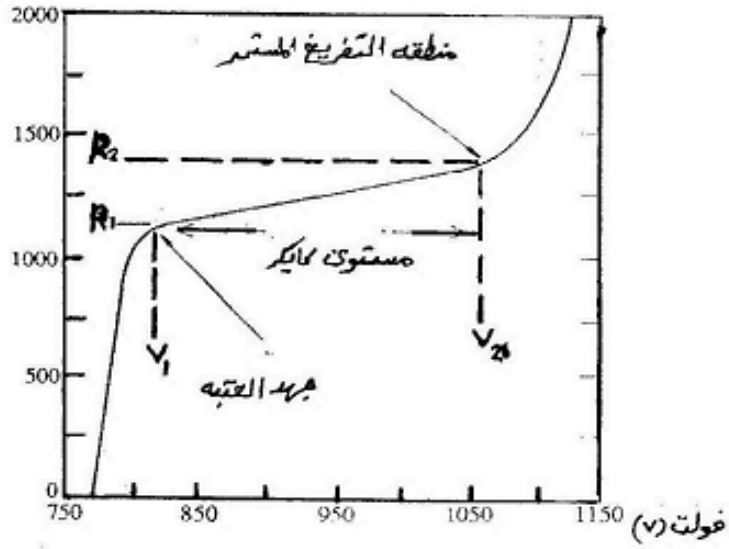
1. يجب تعديل المؤقت «ساعة» الإيقاف لزمان دوري طويل حوالي 30 دقيقة.
2. ابدأ بزيادة جهد المصدر تدريجياً حتى تشاهد استجابة العداد ودون هذا الجهد ((العتبة)).
3. أوقف العداد ثم ثبت المؤقت للقراءة في كل دقيقة (1 min) أي اجعل العداد يسجل لكل دقيقة مع زيادة الجهد في كل مرة 50V سجل قراءات العداد لكل دقيقة عند تغير الجهد
4. دون قراءة العداد لكل دقيقة والجهد المقابل لها في الجدول الآتي حتى تحصل على عدد كاف لرسم العلاقة بين قراءة العداد والجهد.

معدل العد R	فرق الجهد V

النتائج والحسابات :

ارسم العلاقة بين فرق الجهد (V) ومعدل العد R لتحصل على شكل مشابه لشكل (4) المنطقة المحصورة بين

V_1 و V_2 في شكل (4) عادة تكون أقل من 300 V. وشكل المنحني. يتغير فجأة بعد الوصول إلى V_2 وهي نهاية منطقة التشغيل.



شكل (4)

احسب ميل مستوى التشغيل S مستخدماً العلاقة :

$$S = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_2} \right) \left(\frac{100}{V_2 - V_1} \right) \% \dots \dots \dots (1)$$

حيث R_1 العد عند فرق الجهد V_1 أي بداية التشغيل و R_2 عند فرق الجهد V_2 أي نهاية جهد التشغيل.

لاحظ أن قيمة الميل يجب أن لا تتعدى 100% ويكون جهد التشغيل للعداد عند حوالي 50% من مدى المستوى plateau .

الأسئلة :-

اشرح المناطق المختلفة في منحنى التفريغ الموضح في الشكل (4)

لماذا يضاف غاز الكلور إلى غاز الأرجون في الأنبوبة ؟

لماذا تثبت خرزة في نهاية المصعد؟

لماذا يكون الزمن الميت T_d في عداد جايجر طويل؟

تجربة (58)

قياس زمن التحليل لعداد جايجر

Measurement of resolving time of Geiger counter

الغرض من التجربة :

حساب زمن التحليل T لعداد جايجر ومعرفة العد الصحيح

المقدمة:

عندما تتم عملية التأين داخل أنبوبة جايجر، فإن المجال الكهربائي حول المصعد ينخفض لفترة قصيرة بسبب بطء حركة الأيونات الموجبة وبالتالي يجب أن يمر وقت قصير قبل أن تنهيا الأنبوبة لاستقبال عملية تفريغ ثانية. فإذا دخل أي جسيم أو إشعاع إلى داخل الأنبوبة أثناء عملية التأين وبعدها بقليل، فإنها لا تستجيب له وهذه الفترة تسمى بالزمن الميت $dead\ time$ وبعد فترة زمنية معينة تبدأ الأنبوبة بالإستجابة وتظهر نبضات صغيرة ولكن سعتها تكون أصغر من السعة المطلوبة، والفترة الزمنية التي تمضي من بداية ظهور النبضة إلى أن تكتمل النبضة تسمى بـ زمن الاستعادة T_r recovery time اما زمن التحليل T للعداد فهو المجموع الجبري للزمن الميت T_d و زمن الاستعادة T_r ويتراوح عادة بين 100 إلى 200 ميكروثانية.

النظرية:-

عند استخدام عداد جايجر للكشف عن الإشعاعات ذات معدلات عالية جدا بحوالي 5000 عد لكل ثانية فمن الضروري العمل على تصحيح زمن التحليل T للحصول على معدل العد الصحيح R . ولتحديد هذا الزمن عمليا نستخدم مصدر مشع ذو نصفين حيث يوضع النصف الأيمن للمصدر ثم النصف الأيسر وأخيرا النصفين معا. إذا افترضنا أن معدل العد المسجل لزمن معين هو R_0 و T هو زمن التحليل للعداد و R هو معدل العد الحقيقي من الأحداث المؤينة فيكون الأعداد المفقودة هو $R - R_0$. يمكن التعبير عن الأعداد المفقودة بدلالة زمن التحليل T ويساوي $R T$ و أي أن :

$$R - R_0 = R R_0 \mathcal{T} \dots \dots \dots (1)$$

وعليه فإن معدل العد الحقيقي يعطى بالعلاقة الآتية :

$$R = \frac{R_0}{1 - R_0 \mathcal{T}} \dots \dots \dots (2)$$

لنفرض أن R_3, R_2, R_1 معدل العد الحقيقي لمصادر الثلاثة المقابلة لـ R_T, R_L, R_R على التوالي وحيث إن شروط التجربة لم تتغير في الحالات الثلاثة يمكن حساب معدل العد المفقودة حسب النظرية وتكون بالنسبة للنصف الأيمن :

$$R_R - R_1 = R_R R_1 \tau \dots \dots \dots (3)$$

وبالنسبة للنصف الأيسر

$$R_L - R_2 = R_L R_2 \tau \dots \dots \dots (4)$$

وبالنسبة للمصدر ككل

$$R_T - R_3 = R_T R_3 \tau \dots \dots \dots (5)$$

وبحل هذه المعادلات الثلاثة وباعتبار أن

$$R_3 = R_1 + R_2 \dots \dots \dots (6)$$

وإهمال الحدود التي تتضمن $(R\tau)^2$ نحصل على زمن التحليل :

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

نفس الأجهزة والأدوات المستعملة في التجربة (57) مع استعمال المصدر المشع ذو النصفين.

خطوات العمل :

1. أوصل الأجهزة كما هو موضح في التجربة (57) .
2. ابدأ بزيادة فرق الجهد لعداد جايجر حتى تصل إلى جهد التشغيل V_0

3. سجل معدل العد لإشعاعات الخلفية (معدل العد بدون مصدر).
4. ضع النصف الأيمن للمصدر المشع على بعد 4 cm من نافذة العداد ثم دون قراءة العداد بعد دقيقة واحدة.
5. كرر الخطوة السابقة ثلاثة مرات ثم احسب المتوسط وليكن R_R .
6. ضع النصف الأيسر للمصدر مع النصف الأيمن ثم خذ قراءة العداد لكل دقيقة واحدة.
7. كرر الخطوة السابقة ثلاث مرات ثم احسب المتوسط وليكن R_T .
8. أبعد النصف الأيمن للمصدر واحسب القراءة للنصف الأيسر فقط ثم دون قراءات العداد بعد دقيقة واحدة.
9. وكرر الخطوة السابقة ثلاث مرات ثم احسب المتوسط وليكن R_L .

النتائج والحسابات :

احسب زمن التحليل τ من المعادلة (7) ثم قارنها مع القيمة المدونة للعداد.
يمكن حساب معدل العد الصحيح R من العلاقة (2).

الأسئلة:

- 1) عرف زمن التحليل وعلام يعتمد هذا الزمن؟
- 2) يسبب الزمن الميت الأخطاء في القياسات من أي صنف تقع هذه الأخطاء؟
- 3) كيف يمكن التقليل من الزمن الميت؟
- 4) يسجل عداد جايجر 4000 عد/ثانية لمصدر مشع، إذا علمت أن زمن التحليل لهذا الجهاز بحدود 200 ميكرون ثانية. أوجد العد الحقيقي لحوادث التاين؟

رقم التجربة (59)

تعيين عمر النصف لعنصر مشع

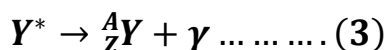
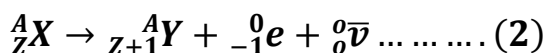
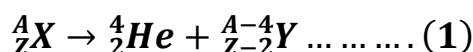
Half-life time determination

الغرض من التجربة:

رسم منحنى الانحلال وتعيين نصف عمر العنصر المشع .

مقدمة :

يرجع النشاط الإشعاعي إلى الاضمحلال الطبيعي لنواة غير مستقرة وتوليد نواة أكثر استقراراً . يصاحب هذه العملية انبعاث جسيمات مختلفة أو أشعة كهرومغناطيسية ومن هذه الجسيمات جسيمة α وجسيمة β أو أشعة و تخضع التحولات النووية للقوانين الفيزيائية العامة مثل حفظ كمية الحركة وحفظ الطاقة وحفظ الشحنة الكلية وكذلك حفظ العدد الكلي للنويات. وتوضح المعادلات العامة الآتية عملية انحلال النوية وانبعاث الجسيمات والأشعة .



حيث X النوية الأصلية و Y النوية الجديدة و ${}_0^0\bar{\nu}$ تسمى بضديد النيوتريينو.

النظرية :

عندما ينحل عنصر مشع فإنه يتبع القانون العام للنشاط الإشعاعي

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (1)$$

حيث N عدد الأنوية الموجودة في العنصر عند الزمن t ، N_0 عدد الأنوية عند لحظة بدء القياس $t = 0$ و λ ثابت الاضمحلال يمكن كتابة المعادلة (1) بدلالة معدل العد الحقيقي أي

$$R = R_0 e^{-\lambda t} + R_b \dots \dots \dots (2)$$

حيث R معدل العد الحقيقي عند الزمن t و R_0 معدل العد الحقيقي عند بداية القياس $t = 0$ و R_b معدل الإشعاعات الخلفية والتي يمكن إهمالها $R_b = 0$ حيث يمكن وضع المعادلة (2) على الصورة :

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (3)$$

هذه معادلة أسية حيث ينقص معدل العد R أسياً مع الزمن t إذا كانت $t_{1/2}$ هي الفترة الزمنية

اللازمة لانحلال نصف الأنوية الموجود في الأصل فإن :

$$R = R_0/2 \quad \text{عندما} \quad t = t_{1/2}$$

بالتعويض في المعادلة (3) نحصل على :

$$\frac{R_0}{2} = R_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \dots \dots \dots (4)$$

بأخذ $\ln$ الطرفين ينتج أن :

$$\ln 1/2 = -\lambda t_{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

يمكن وضع المعادلة (5) على الصورة :

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} \dots \dots \dots (6)$$

هذه العلاقة تربط بين عمر النصف وثابت الاضمحلال λ ويمكن كتابة المعادلة (3) على الصورة:

$$\ln R = \ln R_0 - \lambda t \dots \dots \dots (7)$$

وهي معادلة خط مستقيم تبين العلاقة بين $\ln R$, t برسم العلاقة بين $t, \ln R$ و نحصل على الخط المستقيم الموضح بشكل (2) ويكون الميل له هو $(-\lambda)$ وعندما نحصل على قيمة λ نستطيع تعيين $t_{1/2}$ زمن نصف العمر بالتعويض في المعادلة (6).

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

يستخدم لهذه التجربة نفس الأجهزة المستعملة في تجربة تعيين جهد التشغيل لعداد جايجر تجربة (57) ومصدر ذو زمن عمر قصير نسبياً.

خطوات العمل:

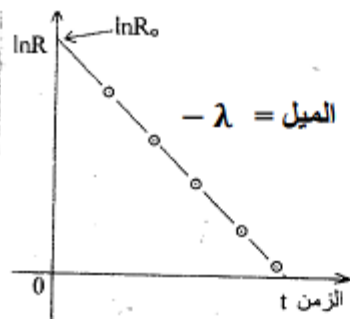
- 1- يمكنك معرفة الإشعاع الخلفي R_b بقراءات العداد قبل وضع المصدر المشع.
- 2- صل الأجهزة كما في شكل (2) تجربة (57).
- 3- اضبط جهد التشغيل لعداد جايجر عند القيمة المحددة V_0
- 4- ضع المصدر المشع المراد تعيين نصف العمر له أمام الكشاف على بعد 2 cm منه.
- 5- شغل الأجهزة وبعد فترة زمنية مناسبة سجل العد الذي حصلت عليه واعتبر هذه القراءة عند الزمن $(t = 0)$.
- 6- بعد فترة زمنية مناسبة أعد القياس مع المحافظة على وضع المصدر .
- 7- كرر الخطوة السابقة ثم دون في كل مرة الزمن t ومعدل العد R في الجدول أدناه .

الزمن t	معدل العد R	$\ln R$

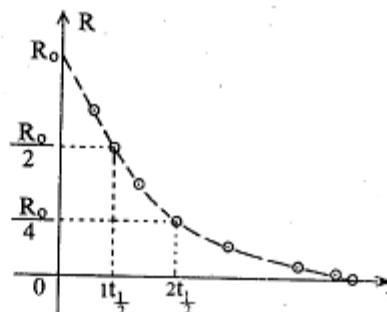
النتائج والمناقشة:

يوضح شكل رقم (1) العلاقة بين الزمن t ومعدل الاضمحلال R وفقاً للمعادلة (3) حيث تتضح العلاقة الأسية بينهما. وهو ما يسمى منحنى الاضمحلال وفيه يمكن تعيين $t_{1/2}$ مباشرة

و هو الزمن الذي ينقص فيه معدل الإشعاع إلى النصف وكذلك يمكن تحديد قيمة λ من الشكل رقم (2) وبعدئذ نستطيع تحديد زمن العمر $t_{1/2}$ باستخدام المعادلة (7)



شكل (2)



شكل (1)

الأسئلة:-

1- عرف عمر النصف للعنصر المشع .

2- كيف يتكون ضديد النيوترينو $\bar{\nu}^0$ ؟

4- تستخدم خاصية النشاط الإشعاعي لمعرفة عمر بعض الصخور والعضويات المندثرة من قبل الجيولوجيين .

وضح ذلك .

التجربة رقم (60) تعيين معامل الامتصاص الخطي للرصاص Linear absorption coefficient of lead

الغرض من التجربة :

دراسة توهين أشعة جاما عند اختراقها شرائح رصاص وتعيين معامل الامتصاص للرصاص.

ملاحظة للوقاية :

كن حذراً في أثناء التعامل مع أشعة γ لأنها أكثر أنواع الأشعة قابلية لاختراق الجسم عليه لا يجوز لمس مصدر أشعة γ وإلا بالملقط ويجب أن يكون اتجاه فتحة المصدر بعيداً عنك أثناء إجراء التجربة وعليك إعادة المصدر إلى الحاوية الخاصة به بعد الانتهاء من التجربة.

النظرية:

عندما تمر أشعة γ خلال مادة ما فإنها تتفاعل معها ويتم هذا التفاعل بآليات معقدة وهو ما يؤدي إلى توهين شدة الإشعاع كدالة في المسافة التي تمر فيها أشعة γ في المادة الممتصة للأشعة وعليه فإن شدة الإشعاع النافذ كدالة في السمك تعطي بالعلاقة الآتية :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \dots \dots (1)$$

حيث I شدة الإشعاع النافذ و I_0 شدة الإشعاع الساقط على الوسط و μ معامل الامتصاص الخطي للوسط و x سمك الوسط.

بأخذ اللوغاريتم ($\ln$) لطرفي المعادلة (1) نحصل على الصورة الآتية :

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\mu x \dots \dots (2)$$

إذا كان سمك نصف القيمة Half value layer هو $x_{1/2}$ وهذا السمك الذي يمتص نصف

الأشعة الساقطة أي أن $I/I_0 = 0.5$ وبالتالي يمكن كتابة المعادلة (2) بالصورة الآتية :

$$\ln(0.5) = -\mu x_{1/2}$$

$$\mu = \frac{0.693}{x_{1/2}} \dots \dots \dots (3)$$

وحيث إن شدة الإشعاع I يتناسب مع معدل العد R عليه. يمكن التعبير عن المعادلة (1) بالصيغة الآتية :

$$R = R_0 e^{-\mu x_{1/2}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\ln R = \ln R_0 - \mu x \dots \dots \dots (5)$$

وهذه معادلة خط مستقيم تعبر عن العلاقة بين سمك المادة الممتصة ومعدل العد R .

بما أن امتصاص أشعة γ في مادة الرصاص يعتمد على عاملين وهما كثافة الرصاص ρ والسمك الذي تخترقه الأشعة فإنه من الأفضل قياس سمك الرصاص بوحدات الكثافة السطحية X_m والتي يمكن الحصول عليها بضرب سمك المادة في كثافتها وعند حساب السمك بوحدات الكثافة السطحية (gm/cm^2) تكون المعادلة (1) بالصورة الآتية :

$$I = I_0 e^{-\mu_m x_m} \dots \dots \dots (6)$$

حيث x_m الكثافة السطحية للرصاص و μ_m معامل الامتصاص الكتلي للرصاص مقدرة بوحدات (cm^2/gm)

ويعبر عنه بالعلاقة الآتية :

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (7)$$

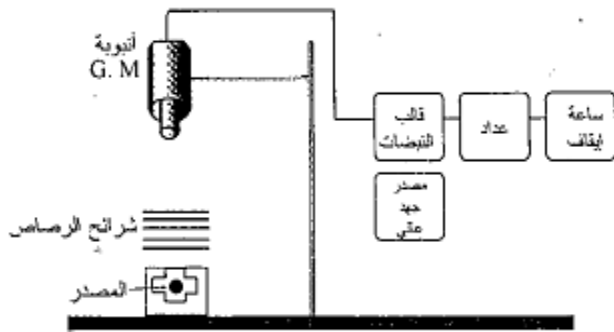
حيث ρ كثافة الرصاص (gm/cm^3)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

عداد جايجر مع الأجهزة الإلكترونية الخاصة به ، مصدر مشع لأشعة γ مثل كوبلت 60 أو سيزيوم 137، شرائح مختلفة السمك من الرصاص.

خطوات العمل :

4. أوصل الأجهزة كما هو موضح بالشكل (1) مع ضبط جهد التشغيل للعداد.



2. ضع المصدر المشع على بعد 2cm من نافذة العداد ثم سجل القراءة للعداد بعد مضي دقيقتين.

3. ضع شريحة من شرائح الرصاص بين نافذة العداد والمصدر وسجل العد بعد دقيقتين وسمك الشريحة.

4. ضع الشريحة الثانية فوق الشريحة الأولى وخذ قراءة العداد لنفس الفترة الزمنية السابقة ويكون السمك سمك الشريحتين.

5. كرر الخطوة السابقة لجميع شرائح الرصاص المتوفرة لديك حتى تصل قراءة العداد إلى 10% من القراءة الابتدائية.

6. خذ قراءة العداد الخلفية بدون المصدر والمادة الممتصة ولمدة دقيقتين واطرحها من كل القراءات السابقة دون البيانات في الجدول الآتي :

$$N-N_o-N_b$$

السّمك	$R=N/t$	$\ln R$
0		
X_1		
X_2		
.....		
.....		
X_n		

النتائج والحسابات:

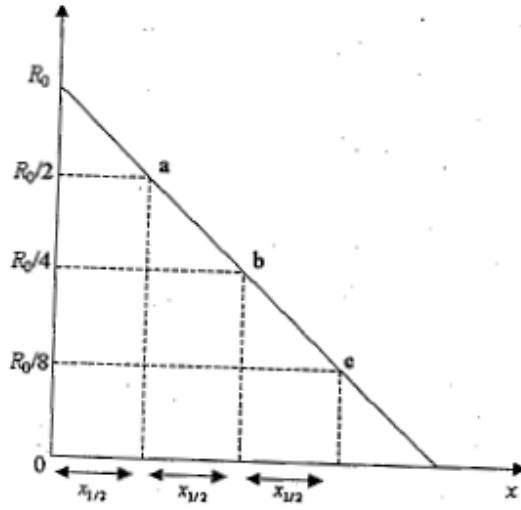
يمكن تعيين معامل الامتصاص μ بطريقتين :

1- برسم العلاقة بين معدل العد R والسّمك x على ورقة بيانية نصف لوغاريتمية فنحصل على الخط المستقيم الموضح في الشكل (2) وميل المستقيم يساوي معامل الامتصاص للرصاص .

2- يمكن تعيين سمك النصف $x_{1/2}$ من المنحني الموضح في الشكل (2) وذلك بتحديد قيمة

$$R_0, R_0/2, R_0/4, R_0/8$$

ورسم الخطوط الأفقية إلى النقاط a b على التوالي وكذلك رسم المساقط العمودية من النقاط a b على المحور x كما هو موضح بالشكل. وبالتعويض بقيمة $x_{1/2}$ في المعادلة (3) نحصل على قيمة μ قارن بين القيمتين لـ μ .



شكل (2)

الأسئلة :

- 1) ما المقصود بمعامل الامتصاص الخطي؟ وهل يوجد معامل امتصاص
اللاخطي؟
- 2) علام يعتمد امتصاص أشعة γ في المادة الممتصة؟
- 3) ما وحدة μ ؟ وما المقصود بالكثافة السطحية؟

الوحدة السادسة

تجارب إضافية متنوعة

تجربة رقم (61)

المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي للأرض

Horizontal components of magnetic field of earth

الغرض من التجربة :

حساب المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي للأرض (H)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

قضيب مغناطيسي صغير - بوصلة ومسطرة مترية - ساعة توقيت ميزان حساس .

النظرية:

شدة المجال المغناطيسي باستخدام انحراف الإبرة المغناطيسية يمثل بما يلي :

$$\frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2} = H \tan \theta$$

أو

$$\frac{M}{H} = \frac{(d^2 - l^2)^2}{2d} = \tan \theta = X \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان M- العزم مغناطيسي

H - المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي للأرض.

d- المسافة بين منتصف المغناطيس ومركز البوصلة (الإبرة المغناطيسية).

l -2 طول المغناطيس

θ زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية.

عندما يعلق المغناطيس ويتذبذب فإن زمن الدورة الكاملة (T) للمغناطيس المعلق يمثل بالصيغة

الآتية:

$$T = 2\pi\sqrt{I/MH} \dots \dots \dots (2)$$

T : زمن ذبذبة واحدة

I - عزم القصور الذاتي للمغناطيس حول محور الاهتزاز ويمثل بما يلي :

$$I = \frac{m}{12} ((2l)^2 + b^2) \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان m - كتلة المغناطيس و b - هو عرض المغناطيس . من المعادلة (2) يمكن الحصول على ما يلي:

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2} = Y \dots \dots \dots (4)$$

وبقسمة المعادلة (4) على المعادلة (1) نحصل

$$H^2 = \frac{Y}{X}$$

$$H = \sqrt{\frac{Y}{X}} \dots \dots \dots (5)$$

$$M = \sqrt{XY} \dots \dots \dots (6)$$

طريقة العمل:-

- 1- قس طول المغناطيس ($2l$) وعرضه (b). جد كتلة m لحساب I نظرياً
- 2- حرك البوصلة الموضوعة على المسطرة المتريّة لحين تأشير الإبرة المغناطيسية على الصفر
- 3- ضع المغناطيس في إحدى جهتي البوصلة كما موضح في الشكل (1) ثم قس زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية

θ_1, θ_2 وبعدها اعكس المغناطيس و قس الزوايا θ_3, θ_4

- 4- غير موقع المغناطيس وذلك بوضعه في الجهة الأخرى من البوصلة وفي نفس المسافة (d)

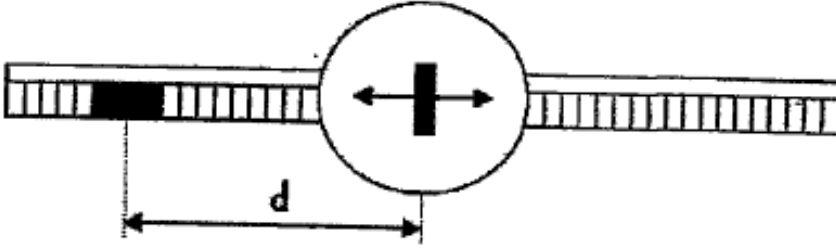
وقس الزوايا θ_5, θ_6 وبعدها أعكس وضع المغناطيس و قس الزوايا θ_7, θ_8

- 5- كرر العمل السابق بأخذ عدة قراءات وذلك بتغيير المسافة (d).

- 6- رتب نتائجك كما في الجدول رقم (1) . وانظر الحسابات في الصفحة (246) الشكل (2)

جدول (1)

المسافة d(m)	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	متوسط θ	x

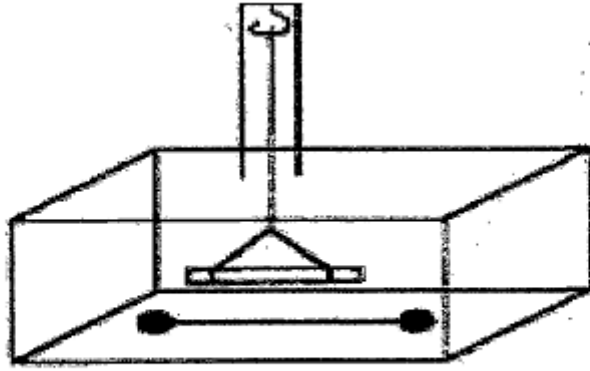


شكل (1)

استخدام طريقة اهتزاز المغناطيس لحساب زمن الذبذبة:-

طريقة العمل:-

- 1- جد كتلة المغناطيس (m) باستخدام ميزان حساس.
- 2- علق المغناطيس بشكل أفقي كما موضح في الشكل (2) . .
- 3- احسب زمن (20) ذبذبة وكررها ثلاث مرات للدقة .
- 4- رتب نتائجك كما في الجدول (2)
- 5- احسب (Y) من المعادلة (4) .
- 6- احسب (H) باستخدام المعادلة (5) في كل حالة ثم احسب متوسط H .
- 7- أحسب العزم المغناطيسي (M) باستخدام المعادلة (6) في كل حالة ثم احسب متوسطها



شكل (2)

جدول (2)

زمن 20 ذبذبة (t)			متوسط t	T
I	II	III	(sec)	t/20

الأسئلة:

- عرف البوصلة وماهي فائدتها.
- عرف شدة المجال المغناطيسي للأرض
- هل يمكن اعتبار الأرض كمغناطيس؟ وضح ذلك.

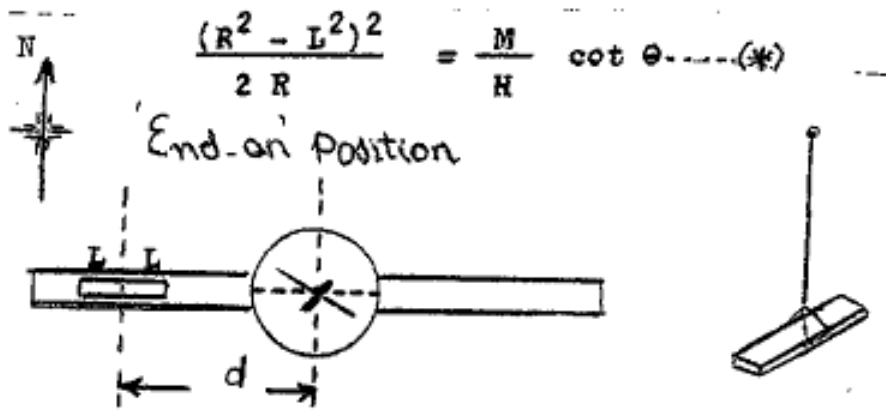
ملاحظة:

1. أضيف حقل $\cos \theta$ في الجدول (1) ارسم بيانيا $\frac{(d^2 - \ell^2)^2}{2d} - \cos \theta$ فالميل x =

ل. من معادلة (1) تستخرج قيمة x

K. بتعليق المغناطيس جد زمن ذبذبة واحدة T وباستخدام معادلة 4 جد قيمة y

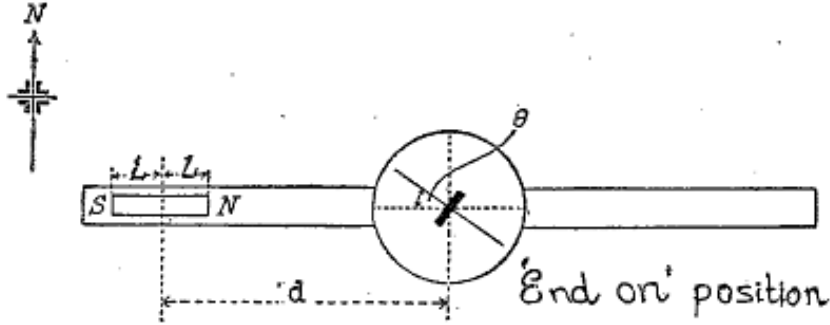
$$\therefore H = \sqrt{\frac{Y}{X}}$$



شکل (2)

تجربة (62)

تحقيق قانون التربيع العكسي (Inverse Square Law) في المغناطيسية باستخدام الماكنتومتر (Magnetometer)



شكل (1)

الأجهزة المستخدمة:

ماكنتومتر، مغناطيس صغير

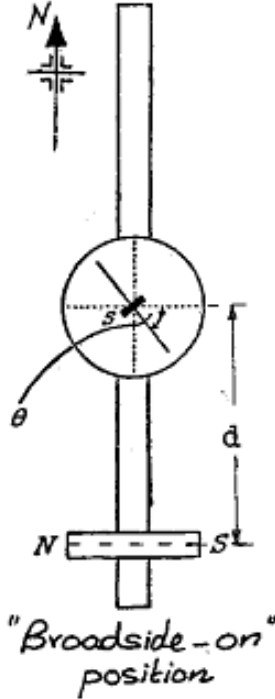
النظرية:

من المعروف عن قانون التربيع العكسي والوارد في الجاذبية الكهربائية والمغناطيسية ان القوة المؤثرة في موضع ما في المجال الصادر عن المصدر المولد تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين المصدر الباعث للمجال والموضع قيد الدرس وللتأكد من صحة أسس التناسب ($n = 2$)، نفرض أن القوة تتناسب مع المسافة للأس (n) يستخدم الماكنتومتر لهذا الغرض ويستخدم في وضعيتين :

الحالة الأولى : عندما يكون الماكنتومتر في وضع (End-on Position) بمراجعة شكل (1) تكون شدة المجال المغناطيسي (F_1) لمغناطيسي في نقطة واقعة على امتداد محوره وعلى بعد (d) من مركزه كالتالي :

$$F_1 = \left(\frac{m}{(d - L)^n} - \frac{m}{(d + L)^n} \right) \frac{1}{4\pi \mu_0}$$

بفرض ان $(2L)$ هو طول القضيب المغناطيسي و (m) شدة كل من قطبيه



شكل (2)

$$F_1 = \frac{1}{4\pi \mu_0 d^n} \left[\frac{1}{(1 - \frac{L}{d})^n} - \frac{1}{(1 + \frac{L}{d})^n} \right]$$

عند فك الاقواس واهمال جميع الحدود الحاوية على (L/d) والمرفوعة الى اسس اعلى من واحد ، تكون :

$$F_1 = \frac{2m nL}{4\pi \mu_0 d^{n+1}} \dots \dots \dots (1)$$

الحالة الثانية : عندما يكون الماكينيتومتر بوضع (- Broadside on Position) انظر الشكل (2)

تكون شدة المجال (F_2) لمغناطيس في نقطة واقعة على العمود المنصف له وعلى بعد (d) من مركزه :

$$F_2 = \frac{m}{4\pi \mu_0 (d^2 + L^2)^{\frac{n}{2}}} (2 \cos \theta)$$

$$= \frac{2mL}{4\pi \mu_0 (d^2 + L^2)^{\frac{(n+1)}{2}}}$$

$$F_2 = 2mL / 4\pi \mu_0 d^{n+1} \dots \dots (2)$$

عند وضع الابرّة المغناطيسية في مستوى افقي فإنها تتجه دائما باتجاه (شمال - جنوب تقريبا) متأثرة بالمركبة الافقية لشدة المجال الارضي (H_0) فاذا وضعت الابرّة تحت تأثير مجال اخر افقي وبصورة عمودية على (H_0) وكانت شدته (F) انحرفت الابرّة المغناطيسية عن اتجاهها بزاوية مقدارها (θ)

$$F_1 = H_0 \tan \theta \dots \dots \dots (3) \quad \text{تحددها العلاقة التالية:}$$

لذا يمكن وضع المعادلتين (1) و (2) بالشكل التالي :

$$F_1 = \frac{2 n m L}{4 \pi \mu_0 d^{n+1}} = H_0 \tan \theta$$

$$F_2 = H_0 \tan \phi = \frac{2 m L}{4 \pi \mu_0 d^{n+1}}$$

فاذا كانت المسافة (d) متساوية في الحالة الأولى والثانية كانت :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\tan \theta}{H_0 \tan \phi} = n$$

فيمكن تعيين قيمة (n) والتأكد من صحة قانون التربيع العكسي

خطوات العمل :-

1. رتب الماكنيتومتر بوضع (End-on Position) ، راجع شكل (1) حيث تكون مسطرة الجهاز باتجاه (شرق - غرب) ومؤشر الكلفانومتر يشير الى الصفر في دائرة تدريجة .
2. ضع المغناطيس على المسطرة وباستقامتها بحيث يكون محوره متجها نحو الشرق - الغرب مارا بمركز الماكنيتومتر . احسب المسافة من مركز الماكنيتومتر ومنتصف المغناطيس ولتكن (d_1) .
3. سجل انحراف كل من طرفي مؤشر الماكنيتومتر (θ_1, θ_2) .
4. اقلب المغناطيس عاكسا موضعي قطبيه وضعه على نفس الذراع وعلى نفس البعد (d_1) ثم سجل انحراف كل من طرفي المؤشر (θ_3, θ_4) .
5. انقل المغناطيس الى الذراع الاخر وكرر خطوات العمل (2 و 3 و 4) ولنفس البعد مسجلا اربع قيم أخرى للانحراف، جد المتوسط.
6. كرر خطوات العمل 2 و 3 و 4 و 5 ولأبعاد مختلفة مسجلا القراءات في الجدول المبين فيما يلي .
7. صفر الماكنيتومتر وضع المسطرة بحيث تكون باستقامته شمال - جنوب ، الماكنيتومتر بوضع

(Broadside - on Position) راجع شكل - 2 ثم ضع المغناطيس بحيث يكون محوره عموديا على اتجاه المسطرة (المغناطيس باستقامة شرق - غرب) وبحيث يكون المستقيم الواصل بين منتصف المغناطيس ومركز الماكينيتومتر عمودا على المغناطيس ، وبعد محوره عن مركز الماكينيتومتر مساوي للبعد السابق (d_1) وسجل انحراف كل من طرفي المؤشر (θ_1, θ_2)

(8) كرر خطوات العمل 4 و 5 و 6 لنفس قيم (d_1) المتخذة في الوضعية السابقة للماكينيتومتر ، وسجل القراءات في جدول ادناه على ان يكون وضع المغناطيس في جميع الحالات عمودا على المسطرة وكما جاء في الخطوة (7)

Broadside-on position											End-on position									
d	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	$\tan \theta_{av}$	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7	ϕ_8	ϕ_9	$\tan \phi_{av}$
d_1																				
d_2																				
d_3																				
.																				

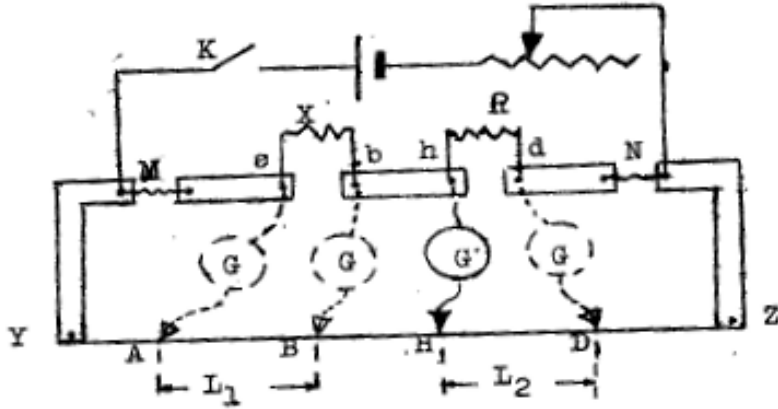
(9) ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم $\tan \theta_{av}$ على محور Y وقيم $\tan \phi_{av}$ المناظرة على محور X واستخرج ميله ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم $\tan \theta / \tan \phi$ على محور Y وبين قيم (d) المناظرة على محور X واستخرج منه قيمة $\tan \theta / \tan \phi$ عندما تكون $d = \infty$ ناقش نتائج التخطيطين البيانيين وعلاقتها بالاس (n).

الأسئلة :

1- برهن صحة العلاقة (3).

تجربة رقم (63) قياس مقاومة صغيرة

Determination of a low resistance



شكل (1)

الاحـزة المستخدمة

مركم رصاصي ، قنطرة مترية، مفتاح ، صندوق مقامة يحوى مقاومات صغيرة في حدود اعشار الاوم، المقاومة الصغيرة المجهولة ، كلفانومتر ، مقاومة متغيرة (ريوستات) .

النظرية:

اذا فرضنا أن طول سلك القنطرة المترية المستخدمة يساوى (L) وان مقاومته هي (r) ، فمقاومة وحدة الطول منه (ρ) تساوى (r/L).

في الدائرة المبينة في شكل (1) (R) تمثل الصندوق ذي المقاومات الصغيرة و X هي المجهولة ، M و N القطع النحاسية الخاصة بالقنطرة المترية أو قد يستعاض عنها بأسلاك توصيل . عند الحصول على نقطة التعادل لنفرض أن شدة التيار المار خلال X يساوي (I_1) والتيار المار خلال سلك القنطرة يساوي (I_2) ، حينئذ يكون :

فرق الجهد بين طرفي $I_1 \cdot X = (X)$

فرق الجهد بين طرفي النقطتين A و B $I_2(L_1 \cdot \rho) = B$

و فرق الجهد بين طرفي $I_1 \cdot R = (R)$

و فرق الجهد بين النقطتين H و D يساوي $I_2(L_2 \cdot \rho)$ يحصل التعادل بشرط ان يكون :

$$I_1 \cdot X = I_2 L_1 \cdot \rho$$

$$I_1 \cdot R = I_2 L_2 \cdot \rho$$

$$X = \frac{L_1}{L_2} \cdot R \dots \dots (1)$$

العمل:

(1) اربط الدائرة الكهربائية كما هو مبين في الشكل حيث تمثل (R) المقاومة الصغيرة المعلومة و (x) المقاومة الصغيرة المجهولة.

(2) اغلق المفتاح (K) واختار قيمة معينة من (R) ولتكن (0,1) أو اربط احد طرفي الكلفانومتر في الموضع (a) ومس سلك القنطرة المتريّة بطرف السلك المربوط في الطرف الثاني من الكلفانومتر وبمساعدة المقاومة المتغيرة حاول الحصول على نقطة التعادل بالقرب من الطرف (Y) ولتكن نقطة (A) • سجل موضع النقطة (A) في الجدول • اذا تعذر الحصول على نقطة التعادل استبدل القطع النحاسية (M) و (N) بأسلاك توصيل .

(3) اربط الكلفانومتر في الموضع (b) وحصل نقطة التعادل ولتكن (B)، سجل موضعها في الجدول.

(4) اربط الكلفانومتر في الموضع (h)، حصل على نقطة التعادل ولتكن (H)، سجل موضعها في الجدول.

(5) اربط الكلفانومتر في الموضع (d) وحصل على نقطة التعادل ولتكن (D)، سجل موضعها في الجدول ادناه ، جد البعد (L_1) المسافة بين (A) و (B) وكذلك البعد (L_2) المسافة بين (H) و (D)، سجلهما في الجدول المبين ادناه .
طبق المعادلة (1) الحساب قيمة (x).

(6) كرر خطوات العمل 2 و 3 و 4 و 5 مستخدما قيما مختلفة للمقاومة (R) جد متوسط

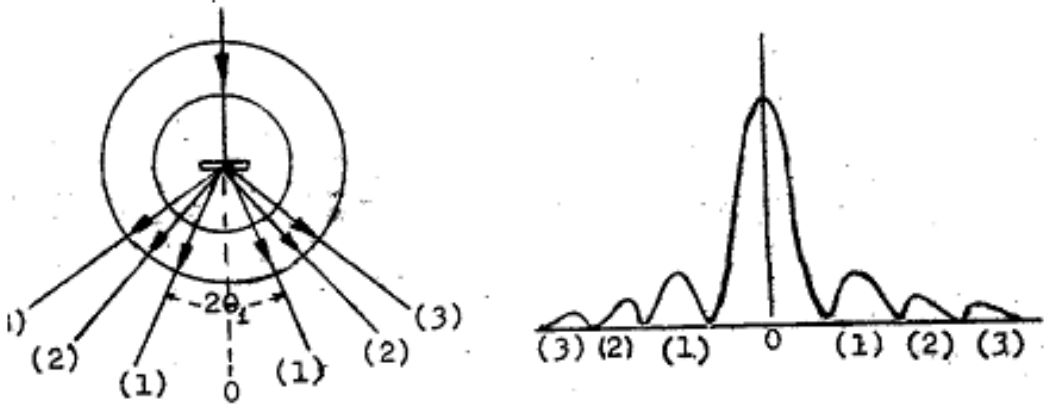
قيمة (X)

R MΩ	A	B	H	D	L₁	L₂	X Ω	X_{av} Ω
0.1								
0.2								
0.3								
0.4								
.								
.								
.								

تجربة رقم (64)

تعيين عرض شق بواسطة نموذج الحيود

Determine width of a slit by diffraction



شكل (1)

الاحزمة المستخدمة:-

سبيكترومتر ، شق مفرد ، مصدر ضوء الصوديوم ، مكروكوب متحرك .

النظرية:-

إذا كان الضوء الساقط عموديا على الشق كان شرط حدوث الازدباب المظلمة في نموذج الحيود

$$\theta = \frac{n\lambda}{b} \dots \dots \dots (1)$$

تمثل (b) عرض الشق

و (n) مرتبة الهدب

و (θ) زاوية الحيود لطول الموجة المستخدمة (λ)

اما شرط حدوث النهايات العظمى (الازدباب المضيئة) ، المركزية والأولى والثانية والثالثة على

التوالي فهو:

$$\theta = 0 , \quad \frac{1.43 \lambda}{b} , \quad \frac{2.46 \lambda}{b} , \quad \frac{3.47 \lambda}{b} \dots \dots \dots (2)$$

فلإيجاد (b) يجب معرفة طول الموجة المستخدمة (λ) ثم قياسي θ للأهداب المظلمة او المضيئة.

العمل:

- 1- عد السبيكترومتر ليصبح جاهزا للاستعمال ، ثم اضيء فتحته بضوء الصوديوم .
- 2- ضع الشق الذي تحت قيد التجربة على قاعدة السبيكترومتر بصورة شاقوليه وعمودي على مسار الأشعة الساقطة.
- 3- ادر التلسكوب ترى نموذج الحيود. غير فتحة شق السبيكترومتر حتى تحصل على أوضح نموذج . ضع الشعرة الشاقولية على مركز النموذج (وسط النهاية العظمى المركزية) . راجع النظرية في حيود الضوء.
- 4- ادر التلسكوب مع استمرار النظر خلاله إلى يمين الهدف المركزي ثم سجل قراءة الوردية لأهداب مظلمة متتالية مع تسجيل مرتبتها .
- 5- كرر الخطوة (4) من العمل ومن الجهة الثانية من الهدف المركزي . ان الفرق بين نتائج الخطوتين 4 و 5 لكل مرتبة تعطى ضعف الزاوية الحيود لتلك المرتبة . طبق العلاقة (1) لحساب عرض الشق ثم جد متوسط (b) . سجل نتائجك في جدول كالمبين ادناه .
- 6- قس عرض الشق باستخدام مكرسكوب متحرك وقارن النتائج

ملاحظات *

1. يمكنك قياس موضع الاهداب المضيئة ثم تطبيق المعادلة (٢) لحساب عرض الشق .
2. وضح كيف تتمكن من حساب قيمة (b) بصورة بيانية باستخدام النتائج اعلاه .

طول موجة ضوء الصوديوم					
مرتبة النهايات الصغرى	θ_1	θ_2	$\theta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}$	$\theta \text{ rad}$	b

أسئلة:

1. قارن عرض الشق بطول موجة الضوء المستخدم، ماذا ينتج لو قلنا عرض الشق ؟ اشرح عندما تكون $b = \lambda$.
2. متوفر لديك شقوق ذات اعداد مختلفة، حاول أن ترى نموذج الحيود لكل منها ثم ناقش ملاحظاتك
3. استبدل مصدر ضوء الصوديوم بضوء مركب ولا حظ الفرق ، ناقش ملاحظاتك .

التجربة (65) الخلية الشمسية / الجزء الاول

The Solar cell

الغرض من التجربة:-

- 1- دراسة خصائص التيار (I) وفرق الجهد (V) لخلية شمسية، وتحديد المتغيرات الخاصة بها.
- 2- إيجاد المقاومة الداخلية للخلية.

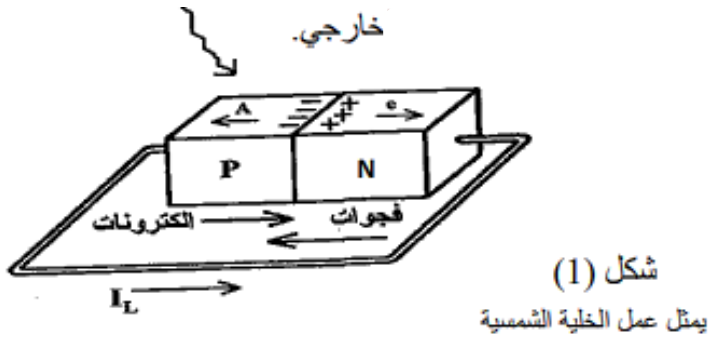
مقدمة :-

تعتبر الخلية الشمسية آلة بسيطة تقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية مستفيدة من الخواص الإلكترونية لنوع معين من المواد الصلبة والتي تعرف بأشباه الموصلات.

الخلية الشمسية هي في الحقيقة ذات مساحة كبيرة نسبيا من ثنائيات القطب P - N Junction كما هو موضح في الشكل (1). وتتكون هذه الثنائيات عادة من وصل قطعة من شبه موصل سالب بأخرى من نوع موجب. يطلّى السطح الخلفي للخلية بطبقة من معدن الألمنيوم (Al) ليكون القطب الخلفي أما السطح العلوي فيغطى بشبكة رفيعة من معدن الألمنيوم لتكون القطب العلوي، ويطلّى السطح العلوي للخلية عادة بطلاء غير عاكس لكي تمتص الخلية أكبر قدر من الفوتونات الضوئية الساقطة عليه.

النظرية :-

عندما يسقط الضوء على شبه موصل ذاتي معزول فإن الفوتونات التي تخترق السطح العلوي تولد زوج من إلكترون - فجوة) ويتحد الإلكترون اخر مع الفجوة بعد فترة وجيزة وتدعى هذه العملية إعادة الاتحاد Recombination. أما في الثنائيات P - N عندما يسقط الضوء عليها فإن الجهد الحاجز الموجود في منطقة الاستنزاف يساعد على دفع حاملات الشحنة إلى الأقطاب ويظهر على شكل تيار في الحمل الخارجي.



متغيرات مخرج الخلية الشمسية The solar cell output parameters تستخدم أربعة متغيرات لدراسة مخرج الخلية الشمسية وهي كالآتي:

1- تيار الدائرة القصيرة I_{sc} (short circuit current)

2- فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} (open circuit voltage).

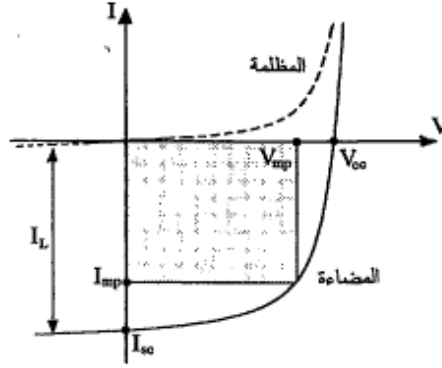
3- عامل الملئ FFU (Fill Factor)

4- كفاءة التحويل للخلية (efficiency)

يمكن تحديد قيمة هذه المتغيرات وذلك بدراسة خصائص التيار (I) وفرق الجهد (V) للخلية الشمسية المضاءة الموضحة بشكل (2).

عموماً يمكن وصف خصائص التيار (I) وفرق الجهد (V) لخلية شمسية بالعلاقة الآتية :

$$I = I_0 \left(e^{\frac{qV}{kt}} - 1 \right) - I_L \dots \dots \dots (1)$$



شكل (2)

حيث (I_0) تيار الإشباع في الظلام (I_L) التيار الضوئي، (V) الجهد المسلط على الخلية. وتيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) هو التيار المتولد بواسطة الضوء الساقط عند الظروف المثالية. ويجعل (I) يساوي صفراً في المعادلة (1) نحصل على قيمة فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc}

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \dots \dots \dots (2)$$

وتتحدد قيمة (V_{oc}) بتيار الإشباع (I_0) والذي يعتمد على خصائص الشبه الموصل المصنوعة منه القدرة الخارجة عند نقطة العمل (operating point) في الربع الرابع تكون مساوية المساحة المستطيل المحدود كما هو موضح بشكل (2) أما النقطة العاملة (I_{mp}, V_{mp}) فتجعل هذه القدرة أكبر ما يمكن. أما المتغير الثالث وهو عامل الملئ ويعرف كما يأتي:

$$FF = \frac{V_{mp} I_{mp}}{V_{oc} I_{sc}} \dots \dots \dots (3)$$

فهو مقياس لمدى مربعية ($I - V$) المضاء في الربع الرابع وتتحصر قيمة FF بين 0.7 و 0.85 للخلايا الشمسية ذات الكفاءة المقبولة. أما في الخلايا المثالية فيكون FF دالة لفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) من خلال المعادلة التجريبية الآتية :

$$FF = \frac{\vartheta_{oc} - \ln(\vartheta_{oc} + 0.72)}{\vartheta_{oc} + 1} \dots \dots \dots (4)$$

حيث ϑ_{oc} فولتية معيارية وتعطى بالعلاقة :

$$\vartheta_{oc} = \frac{V_{oc}}{kT/q}$$

أما كفاءة (efficiency) تحويل الطاقة للخلية الشمسية فيمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية :

$$\eta = \frac{V_{mp} I_{mp}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} I_{sc}}{P_{in}} \dots \dots \dots (5)$$

حيث P_{in} القدرة الضوئية الكلية الداخلة لسطح الخلية الشمسية.

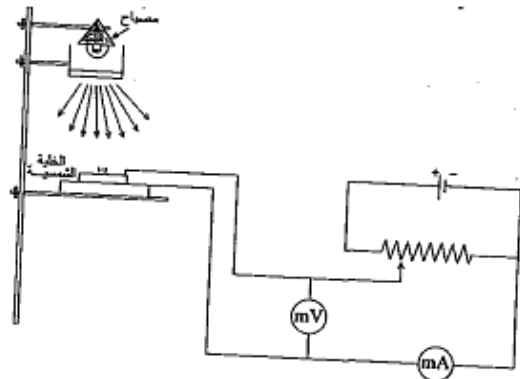
1. دراسة خصائص التيار (I) وفرق الجهد (V) لخلية شمسية وتحديد المتغيرات الخاصة بها

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

شمس كاذبة (Solar Simulation) (مصباح هالوجين)، خلية شمسية سيلكونية، ملي أميتر، ملي فولتميتر، مقاومة متغيرة، صندوق مقاومات، مع ملاحظة تمرير الضوء المنبعث من المصباح خلال سمك ماني معين للتخلص من الأشعة الحرارية.

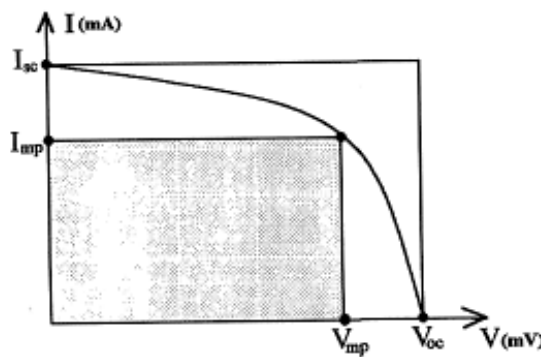
خطوات العمل :

1. رتب الأجهزة كما هو موضح بشكل (3) وتأكد من التوصيل الكهربائي للخلية على أن تدرس الاتجاه العكسي للخلية.



شكل (3)

2. ضع غطاء أسود على الخلية الشمسية وتأكد من أن كلا من التيار وفرق الجهد يساوي صفر
3. أرفع الغطاء من على الخلية وسجل قيمة كلا من I_{sc} (تيار الدائرة القصيرة) و V_{oc} (فولتية الدائرة المفتوحة) عندما تكون الدائرة الكهربائية مفتوحة والضوء مسلط على الخلية. .
4. ثبت ارتفاع المصباح عند مسافة معينة وإبدأ بتغيير الجهد تدريجياً وبخطوات 50 mV وسجل في كل مرة التيار المقابل (I) (تأكد من أن قيمة التيار سالبة).
5. ارسم العلاقة بين (V) و(I)، فتكون النتائج كما هو موضح بشكل (4) في الربع الرابع وترسم عادة في الربع الأول، وعين قيمة كلا من (V_{oc}) و (I_{sc}) ونقطة العمل على المنحنى أي أوجد مساحة أكبر مستطيل داخل المنحنى وذلك بضرب $V_{mp} \times I_{mp}$



شكل (4)

6. احسب عامل الملئ FF وذلك بتقسيم مساحة المستطيل المضلل $V_{mp} I_{mp}$ على المستطيل الذي مساحته (V_{oc}) و (I_{sc}) أي المعادلة (3)

$$FF = \frac{V_{mp} I_{mp}}{I_{sc} V_{oc}}$$

- 7- قارن هذه القيمة لعامل الملئ بالقيمة المحسوبة من المعادلة التجريبية (4).

النتائج والحسابات

- 1- رتب النتائج كما هو موضح بالجدول الآتي:

$$I_{sc} = \dots \dots \dots \text{m A}$$

$$V_{oc} = \dots \dots \dots \text{mV}$$

V(mV)	I(m A)

2- مثل النتائج بيانياً فنحصل على منحنى مماثل لشكل (4)،

ومنه عين قيمة كلا من (V_{oc}) و (I_{sc}) ونقطة العمل على المنحنى وذلك بإيجاد مساحة أكبر مستطيل داخل المنحني أي $I_{mp} \times V_{mp}$

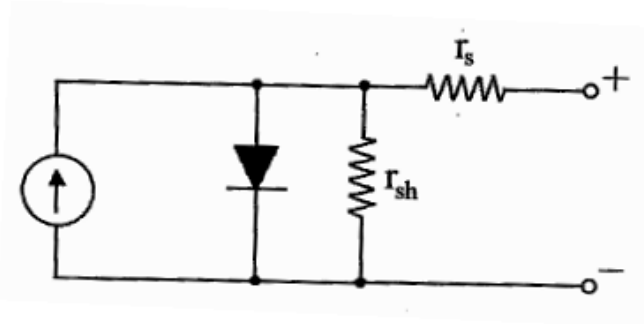
3. احسب عامل المليء FF وذلك باستخدام المعادلة (3) ثم قارن هذه القيمة بالقيمة المحسوبة باستخدام المعادلة (4).

b. احاد المقاومة الداخلية للخلية الشمسية

تمتلك كل خلية شمسية مقاومة ذاتية متوالية (r_s) وأخرى متوازية (r_{sh}) مترابطة معها ، الشكل (5) يوضح الدائرة المكافئة للخلية الشمسية.

وهناك عدة أسباب فيزيائية مسئولة عن هذه المقاومة الذاتية هي المقاومة الذاتية لشبه الموصل المصنوعة منه الخلية ومقاومة الموصلات ومقاومة الوصل بين المعدن وشبه الموصل

أما المقاومة المتوازية (r_{sh}) هي مقاومة الوصلة p-n والخلية الجيدة تمتلك r_{sh} عالية و r_s منخفضة.



شكل (5)

ويتم عادة مقارنة المقاومتين r_s و r_{sh} بالمقاومة المميزة R_{Ch}

characteristic resistance حيث

$$R_{Ch} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

وعندما تكون أقل بقليل من R_{Ch} و r_{sh} أكبر بكثير منها فيكون تأثيرهما على خرج الخلية قليل.

خطوات العمل :

1- لإيجاد المقاومة الداخلية يلزم إعادة الخطوات 2، 3، 4 السابقة

لعدة شدات مختلفة [ويمكن تغير شدة الضوء] الذي يصل للخلية وذلك بتغير إرتفاع الشمس الكاذبة أو المصباح عن الخلية للحصول على عدة منحنيات مثل المنحنى الموضح بشكل (4).

2- احسب من المنحنيات وذلك من العلاقة :

$$r_s = \frac{\Delta V}{I}$$

النتائج والحسابات :

1- رتب النتائج كما هو موضح بالجدول الآتي:

$$I_{sc} = \dots \dots \dots$$

$$V_{oc} = \dots \dots \dots$$

d ₄ = 20cm		d ₃ = 15cm		d ₂ = 10cm		d ₁ = 5cm	
I(mA)	V(mV)	I(mA)	V(mV)	I(mA)	V(mV)	I(mA)	V(mV)

- 2- ارسم العلاقة البيانية بين V و I لكل شدة ضوء، فنحصل على أربعة منحنيات مماثلة للمنحني الموضح بشكل (4)، من الرسم البياني احسب ، وذلك من العلاقة :

$$r_s = \frac{\Delta V}{I}$$

الأسئلة:-

- 1- اذكر أسماء أربعة أشباه موصلات تستخدم في صناعة الخلايا الشمسية؟
- 2- وضح كيف يتم ترسيب طلاء غير العاكس للخلية الشمسية؟
- 3- اذكر بعض الاستخدامات المهمة للخلايا الشمسية؟

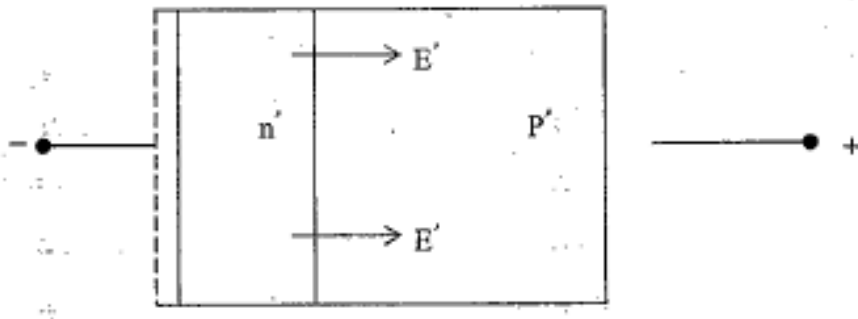
تجربة رقم (66) (الخلايا الشمسية) / الجزء الثاني

الغاية من التجربة:

- 1- التعرف على الخلايا الشمسية و مبدأ عملها وطريقة تجميعها لتكوين اللوحات الشمسية .
- 2- دراسة المنحنيات المميزة $I=f(V)$ للعلاقة بين شدة التيار (I) المار في الخلية و الجهد بين طرفيها (V) من أجل شدات مختلفة للضوء .
- 3- دراسة تأثير شدة الإضاءة على العلاقة بين قدرة الخلية (P) و المقاومة الداخلية للوصلة n-p في الخلية .

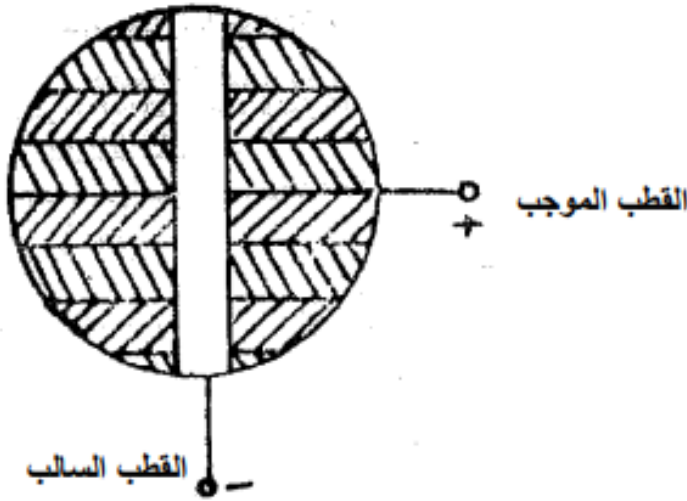
تمهيد نظري:

- تتكون الخلية الشمسية كما هو موضح في الشكل (1) من ثلاثة أجزاء :
- قاعدة من السليكون من نوع p-type تبلغ سمكها بضعة مئات من الميكرونات و تؤلف القطب الموجب للخلية
 - طبقة رقيقة من السليكون نوع n-type لا تزيد سمكها عن بضعة ميكرونات
 - شبكة معدنية مترسبة من السليكون نوع n-type و تؤلف القطب السالب للخلية



الشكل (1) مقطع في خلية شمسية

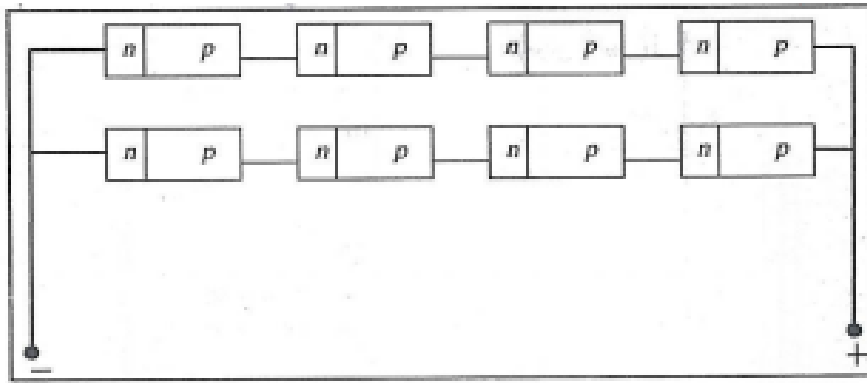
و غالباً ما تأخذ الخلية الشمسية شكلاً مربعاً دائرياً الشكل (2) يظهر المقطع الأمامي لخلية شمسية دائرية.



الشكل (2) منظر امامي لخلية شمسية تظهر فيه الشبكة المعدنية

عندما يسقط الضوء على سطح الخلية يخترق طبقة السليكون الرقيقة n-type و يبلغ منطقة التماس (الوصلة n - p) فتكتسب حوامل الشحنة الالكترونات و (الثقوب) طاقة تمكنها من التغلب على حاجز الجهد التماس فتتحرك الالكترونات باتجاه معاكس للحقل الداخلي للوصلة n- p (أي باتجاه الشبكة المعدنية) بينما تتحرك الثقوب باتجاه الحقل الداخلي للوصلة (n-p) مما يسبب مرور تيار كهربائي في الدائرة الداخلية الذي تقاس شدته عن طريق مقياس الاميتر وتزداد شدة التيار بازدياد شدة الضوء الوارد على الخلية.

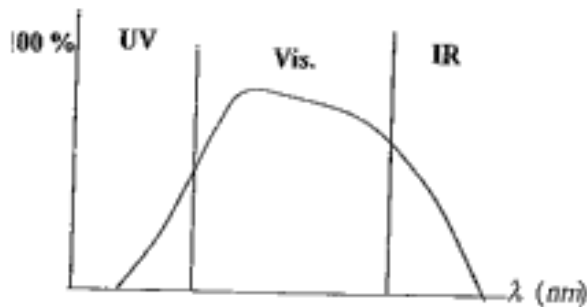
ويمكن جمع الخلايا مع بعضها على التوالي (series) لتعطي جهداً كهربائياً عالياً . كما يمكن جمع الخلايا مع بعضها على التوازي (parallel) لتعطي تياراً كهربائياً عالياً الى حد ما. و غالباً تجمع الخلايا على التوالي وعلى التوازي معاً (ليتكون ما يسمى اللوح الشمسي) كما هو مبين في الشكل (3)



الشكل (3) تجمع الخلايا على التوالي وعلى التوازي

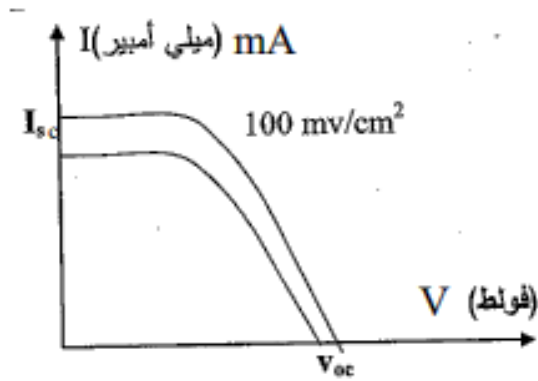
لكل خلية أو لوح شمسي نوعان من المزايا هي:

مميزات طيفية: وهي تختلف باختلاف استجابة الخلية للضوء الوارد فتكون اعلى ما يمكن مثلاً في منطقة الضوء المرئي كما هو واضح في الشكل (4)



الشكل (4)

مميزات الجهد و التيار: وهذا ما سيدرس من خلال التجربة، حيث تعطى هذه المميزات تيار الخلية بدلالة الجهد بين طرفيها وحسب شدة ضوء الشمس الوارد مقدراً (mV / cm^2) كما هو موضح بالشكل (5)



الشكل (5)

تسمى نقطة تقاطع المنحني مع محور التيار (1) تيار الدائرة المقصورة (short circuit). أما نقطة تقاطع المنحني مع محور الجهد فتسمى V_{oc} جهد الدائرة المفتوحة (open circuit) و يلاحظ ان (1) أشد تغيراً من (V) بتغير شدة الإضاءة.

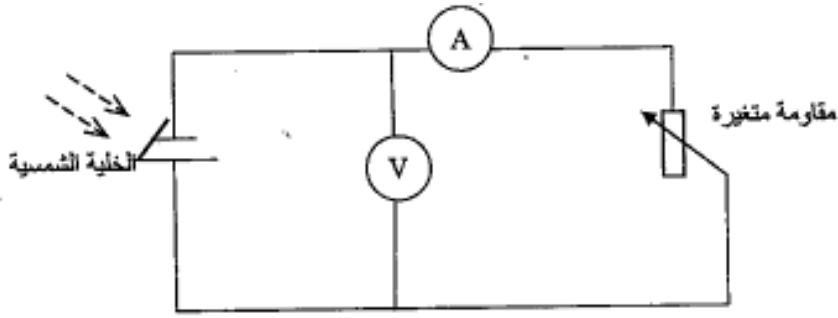
الأجهزة والأدوات المستخدمة:

خلية شمسية ، مصباح - فولتمتر و اميتر -مقاومة متغيرة (ريوستات) - لوحة توصيل - أسلاك

مراحل العمل:-

أولاً: دراسة المنحنيات المميزة $I=f(v)$ من أجل شدات ضوئية مختلفة بتغير البعد بين المنبع و الخلية

1- صل الدائرة كما هو مبين في الشكل (6)



شكل (6)

2- ضع المصباح على بعد عن الخلية بمقدار $d = 20\text{cm}$

R	A	B	C	D	E	F	G
I(mA)							
V(v)							

3- سجل قراءة كل من شدة التيار (1) و الجهد (V) عند أوضاع مختلفة للمقاومة المتغيرة مبتدئاً بقيم صغيرة

(A-G) في الجدول أعلاه

8- ارسم الخط البياني لتحويلات (I) (mA) بدلالة V أي $I = f(V)$

9- عين شدة تيار الدائرة المقصورة (L_{sc}) وجهد الدائرة المفتوحة (V_{oc})

10- أعد التجربة من أجل بعد آخر بين المنبع الضوئي و الخلية الشمسية و ليكن $d = 25\text{cm}$ مراعيًا تسلسل الخطوات 3، 4، 5 مع رسم الخط البياني لتحويلات (I) (mA) بدلالة (V) على نفس الورقة الميليمترية (الخطوة الرابعة) ، ماذا تستنتج؟

ثانياً: حساب قدرة الخلية (P) ودراسة العلاقة بين (P) والمقاومة الداخلية للخلية R_s

1. استخدم الدائرة نفسها

2. ثبت المقاومة المتغيرة على الوضع (d) مثلاً حتى يثبت التيار عند قيمة معينة ولتكن 30 mA

3. غير البعد بين المصباح الضوئي و الخلية بحيث تأخذ قيم شدة التيار 30,25,20, 15; mA

4. قس في كل مرة الجهد الموافق بين طرفي الخلية

5. سجل النتائج في الجدول التالي:

ت	I(mA)	V(mV)	P = VI	R= V/I
1	30			
2	25			
3	20			
	.			
	.			
	2			

6. ارسم الخط البياني لتحويلات (P) بدلالة (R) (المقاومة الداخلية) ، ماذا تستنتج؟

7. حدد على الخط البياني (P_{max}) و قارن هذه القيمة بمقدار القدرة ($I_{se} V_{oc}$) عند نفس الشروط فيما يتعلق بالبعد بين المصباح والخلية).

8. ارسم الخط البياني لتحويلات (P) بدلالة (V)

9. ارسم الخط البياني لتحويلات (P) بدلالة (I).

10. اكتب ملاحظاتك و استنتاجاتك

تجربه رقم (67)

قياس درجة حرارة منبع ساخن

اعتمادا على قانون ستيفان بولتزمان

الغاية من التجربة:-

- 1 - حساب مقاومة سلك المصباح عند درجة حرارة الغرفة و درجة الصفر المئوي .
- 2 - قياس كثافة تدفق الطاقة من المصباح عند قيم مختلفة لجهد التسخين.
- 3- التأكد من صحة قانون ستيفان بولتزمان.

تمهيد نظري:

يربط قانون ستيفان بولتزمان بين درجة حرارة سطح المادة وكثافة الإشعاع الكهرمغناطيسي الصادر المرافق، ويُدرس في الفيزياء ضمن عنوان إشعاع الجسم الأسود، ولا يشترط في الجسم الأسود المثالي أن يكون لونه أسوداً، أو أن يكون بحالته الصلبة، فهو نموذج يعبر عن المادة التي تمتص كامل طيف الطاقة الإشعاعية الواردة، حتى وإن كانت الطاقة الإشعاعية ذات لون واحد طول موجه محدد)، فنقول عن الغاز الذي يمتص طول الموجه 630 mm أنه جسم أسود مثالي بالنسبة لطول الموجه 630 mm إذا لم ينعكس عنه ولم ينفذ منه شيء .

أما من جهة منابع الإشعاع، فإن الجسم الساخن يصدر أشعة تتناسب مع درجة حرارته. اذ تستعمل قوانين إشعاع الجسم الأسود المثالي أيضا في هذه الحالة، وتكون كثافة الطاقة الإشعاعية E الصادرة عن سطح درجة حرارته T متناسبة مع T^4 وفق قانون ستيفان بولتزمان.

يمكن قياس درجة حرارة منبع حار بطرق مختلفة منها قياس شدة الأشعة الكهرومغناطيسية الصادرة عن المنبع بمقياس الشدة الضوئية، وقياس درجات الحرارة في الجوار ثم إجراء الحسابات أي اعتبار المنبع الحار جسماً أسوداً

نطبق عليه نظرية بلانك في إشعاع الجسم الأسود، أو علاقة ستيفان بولتزمان التجريبية لدراسة درجة حرارة المنبع الحار.

نستعمل في هذه التجربة مصباحاً كهربائياً متوهجاً أي مصباح يحول الطاقة الكهربائية إلى ضوئية، وتقاس شدة التوهج بمقياس شدة ضوئية U ، وللتأكد من قوانين علاقة درجة حرارة المنبع المشع مع شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي نحسب درجة حرارة وشيعة التوهج (سلك المصباح) عن طريق قياس تغيرات مقاومة السلك بزيادة درجة حرارته.

فشلت الفيزياء التقليدية (الفيزياء قبل 1900م) في تفسير ظاهرة إشعاع الجسم الأسود وامتصاصه، لأنها اعتمدت مبدأ امتصاص وإصدار الطاقة كتابع طاقي مستمر، وقد نجح العالم بلانك في تفسير هذه الظاهرة بافتراض أن الإشعاع الطاقي للذرات لا يكون مستمراً وإنما متقطعاً، وهو عبارة عن وحدات من الطاقة الإشعاعية مساوية إلى $E = h\nu$ ، حيث ν هو تردد الضوء الممتص أو الصادر، و h ثابت بلانك.

إن تغير كثافة الطاقة dE للجسم الأسود أي كمية الطاقة المشعة أو الممتصة لكل وحدة مساحة عند درجة حرارة T وطول موجة λ في المجال $d\lambda$ يعطى بعلاقة بلانك التالية:

$$dE(\lambda, T) = \frac{2c^2 h \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)} d\lambda \dots \dots (1)$$

حيث c : سرعة الضوء $(10^8) \text{ m/s}$

h : ثابت بلانك $6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J.S}$

k : ثابت بولتزمان $1.3811 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

T : درجة حرارة الجسم المدروس الممتص للطاقة أو المصدر لها.

وبمكاملة العلاقة (1) بالنسبة لطول الموجة في المجال من $\lambda = 0$ إلى $\lambda = \infty$ على علاقة

كثافة الطاقة كدالة لدرجة الحرارة و هو ما يعرف بقانون ستيفان بولتزمان:

$$E(T) = \frac{2\pi^5}{15} \frac{k^4}{c^2 h^3} T^4 \Rightarrow E(T) = \sigma T^4 \dots \dots (2)$$

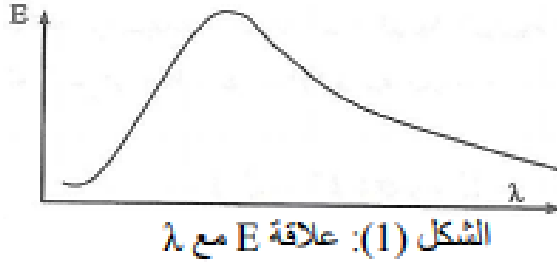
$E(T)$: كثافة الطاقة للإشعاع المنبعثة من جسم اسود كدالة لـ (T) .

حيث $\sigma = 5.67(10)^{-8} \text{ Wm}^{-2} \cdot \text{K}^4$

يدعى ثابت ستيفان بولتزمان. كما تمثل E كثافة الطاقة التي تشعها أو التي تمتصها واحدة السطح

وهي تقدر بوحدة W/m^2 .

يبين الشكل (1) علاقة كثافة الطاقة الإشعاعية للجسم الأسود لطول الموجة الكهرومغناطيسية.



وتعد معادلة ستيفان بولتزمان السابقة $E = \sigma T^4$ صحيحة أيضاً في الحالات التي أشرنا إليها في بداية التجربة حيث لا تكون الأجسام سطوحاً فقط ولا سوداء اللون تحديداً. أي يمكن تطبيقها من أجل الأجسام الرمادية حيث يكون معامل امتصاص السطح مرتبط بطول موجة الشعاع و هو أقل من الواحد. أما عند استعمال سطوح ليست سوداء يجب ضرب علاقة ستيفان بولتزمان المعادلة (2) بعوامل ابتعاد الجسم عن الأسود المثالي (ϵ) و الذي يسمى معامل الاصدارية ، وقيمته تتراوح بين الصفر و الواحد.

$$E(T) = \epsilon \sigma T^4 \dots \dots (3)$$

من أجل مسافة محددة بين فتيل المصباح ومقياس الشدة الضوئية تكون كثافة الطاقة التي تصل إلى مقياس الشدة متناسبة مع القوة المحركة الكهرو حرارية U_{Therm} الناتجة عن مستقبل مقياس الشدة الضوئية، حيث يعتمد مقياس الإضاءة على التأثير الكهرو حراري للضوء الساقط عليه ويحوّله إلى جهد كهربائي V و يمكن أن تكتب:

$$U_{Therm} \sim T^4 \dots \dots \dots (4)$$

أو بالشكل: $U_{Therm} = A \cdot V$ و هي مقدرة بالواط. أما A فهو ثابت تناسب. لنفرض أن الجسم P درجة حرارته T و اصداريته ϵ محاطا كلياً بغرفة ذات درجة حرارة T_r حيث $T_r < T$ و لها نفس الاصدارية أن الجسم P سوف يصدر اشعاعاً بمعدل $\epsilon \sigma T^4$. و سيمتص اشعاعاً من الغرفة المحيطة به بمعدل $\epsilon \sigma T_r^4$ عندئذ يكون صافي فقدان الطاقة الإشعاعية الحرارية لكل وحدة من السطح هو:

$$E = \varepsilon \sigma (T^4 - T_r^4) \dots \dots (5)$$

$$U_{\text{Therm}} \sim (T^4 - T_r^4)$$

إن المعادلة (4) يمكن التعبير عنها بشكل دقيق بعلاقة من الشكل:

$$U_{\text{Therm}} = A \sigma T^4 \dots \dots (6)$$

حيث A المساحة السطحية لجسم المشع

بالنسبة لدرجة حرارة الفتيل فإنه ولدى رسم العلاقة بين كثافة الإشعاع (أو القوة المحركة الكهرو حرارية) الذي تمثله قراءة مقياس الإشعاع وبين درجة الحرارة المطلقة التي نحصل عليها من مقاومة فتيل المصباح في كل حالة بالشكل اللوغاريتمي نحصل على علاقة خطية بين $\log U$ و $\log T$ من الشكل :

$$\log U_{\text{Therm}} = 4 \log T + \text{Const} \dots \dots (7)$$

إذا قسنا الشدة الضوئية من القدرة الكهربائية المسجلة، فهي مقاسة بالواط، وفي هذه الحالة سيكون الثابت Const شاملاً لمجموع $(\log \sigma + \log A)$ حيث A سطح المستقبل بالمتري المربع.

علاقة المقاومة بدرجة الحرارة

تحتسب درجة الحرارة المطلقة للفتيل $T = t + 273$ عن طريق حساب مقاومة السلك $R(t)$ المصنوع من التنغستين حيث هي درجة الحرارة مقدرة بدرجات سيلسيوس. ان مقاومة أي سلك تتغير مع درجة الحرارة وفق القانون التالي:

$$R(t) = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2) \dots \dots (8)$$

حيث t هي درجة الحرارة مقدرة بدرجات سيلسيوس . وقد يكون سلوك المقاومة مع درجة الحرارة مختلفاً ، وهذا يتعلق بالثابتين α, β وفي هذه الحالة تكون R_0 : مقاومة الفتيل عند الصفر سيلسيوس وفي حالة مصباح التنغستين مساوية :

$$R_0 = \frac{R(t)}{(1 + \alpha t + \beta t^2)} \dots \dots (9)$$

حيث: $\beta = 6.76 (10^{-7}) K^{-2}$ $\alpha = 4.82 (10^{-3}) K^{-1}$

إن العلاقة (9) يمكن اختصارها للسهولة وذلك نظراً لإهمال المقدار (βt^2) في المقام بحيث تصبح

$$R_0 = \frac{R(t)}{(1 + \alpha t)} \dots \dots \dots (10)$$

بتعويض $T = t + 273$ في العلاقة السابقة (9) وحل المعادلة بالنسبة لـ T نحصل على:

$$T = 273 + \frac{1}{2\beta} \left[\sqrt{a^2 + 4\beta \left(\frac{R(t)}{R_0} - 1 \right)} - \alpha \right] \dots \dots \dots (11)$$

او باستخدام العلاقة المبسطة (10) نحصل على:

$$T = 273 \frac{R(t)}{R_0} \dots \dots \dots (12)$$

$$\alpha \approx 0.004 \approx \frac{1}{273} k^0 \text{ حيث}$$

يتم الحصول على قيمة $R(t)$ أي مقاومة الفتيل في درجة حرارة الغرفة باستخدام قانون أوم، و ذلك من قياس قيم الجهد V والتيار I بين طرفي المصباح. و من ثم نقوم بحساب درجة حرارة المصباح T من العلاقة (12) بعد حساب قيمة R^0 من العلاقة (10).

أما قيمة الإشعاع فيتم الحصول عليها من خلال قراءة مقياس الجهد (الفولت) الموصول الى خرج المضخم الموصول إلى مقياس شدة الإضاءة مع مراعاة عامل الضرب المستخدم على المضخم ونقطة الصفر ومعامل التحويل الخاص بمقياس شدة الإضاءة.

الادوات والاحزمة المستخدمة :

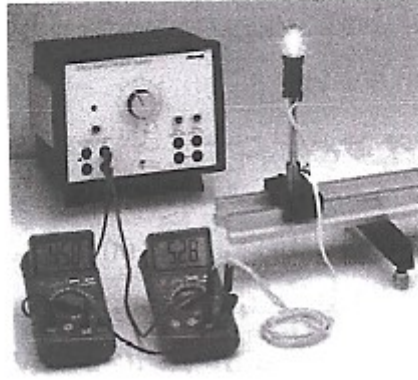
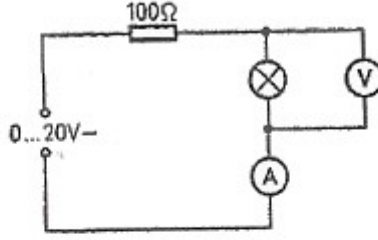
- مقياس شدة الإضاءة الحراري.
- أنبوب الحماية لمقياس شدة الإضاءة الحراري.
- مضخم إشارات كهربائية للقياس العام.
- وحدة تغذية متغيرة 15 V متناوب و 12V مستمر وتيار 5 A
- حامل للمصباح E14 على عمود.

- مصباح ذو فتيل 6 V و 5 A (E14) .
- علبة وصل.
- مقاومة 100 أوم ضمن علبة ومآخذ.
- منصة تجربة بطول 60 سم.
- قاعدة للمنصة البصرية قابلة لضبط الارتفاع والتوازن. حامل منزلق يركب على المنصة البصرية ارتفاع 30 mm
- مقياسان رقميان متعدد المجالات، للفولط و الأمبير .
- أسلاك توصيل.

مراحل العمل:

الجزء الأول: قياس مقاومة فتيل المصباح في درجة حرارة الغرفة.

- 1 - صل الدائرة وفق الشكل (2) ابدأ الوصل من أحد أقطاب منبع التغذية .
 - 2 - يتم وصل المقاومة 100 أوم أو معدلة ذات زلقة على التسلسل مع المصباح لتنظيم التيار والتحكم به بشكل أفضل. (ويمكن الاستغناء عنها إذا كانت قيم V صغيرة)، على ألا يحدث توهج في السلك بالإضافة الى اميتر ، ثم فولتميتر على التوازي بين طرفي المصباح.
 - 3 - صل تغذية المصباح بتيار مستمر .
 - 4 - غير قيمة التيار بمجالات صغيرة (تيارات لا تسبب توهج فتيل المصباح) مثلاً 100mA و 200 mA .
 - 5 - قيس قيم الجهد المطبق بين طرفي المصباح في كل مرة، ونسجل النتائج في الجدول (1)
 - 6 - احسب مقاومة فتيل المصباح في درجة حرارة الغرفة $R(t)$ من قانون أوم عدة مرات بتغيير قيم I و V. ثم احسب $R(t)$ الوسطي والارتياح.
- ملاحظة:** (إن التيار المستخدم في كل الحالات يجب أن يكون صغيراً جداً بحيث يهمل الأثر الحراري)



الشكل (2) مخطط التجربة موضحاً ترتيب الأجهزة

الجدول (1)

المقاومة في درجة حرارة الغرفة	الجهد V	التيار A	التجربة
			1
			2
			-
			-

7- قم بعد ذلك بحساب قيمة المقاومة R_0 من العلاقة (10) بعد تعويض t بدرجة حرارة الغرفة

الجزء الثاني : قياس درجة حرارة فتيل المصباح، وشدة الإشعاع الكهرومغناطيسي الناتج عنه.

1 - إضافة إلى دائرة الشكل (2) . صل الدائرة الخاصة بمقياس الشدة الضوئية حسب الشكل (3) مع الانتباه إلى استخدام منبع الجهد المتناوب من وحدة التغذية لتغذية المصباح في هذا الجزء .
يجب الانتباه إلى قيمة التيار الأعظم للمصباح هي 5A ولكن يمكن تشغيل المصباح عند تيار أعلى من القيمة العظمى بقليل لفترة زمنية محدودة لا تتجاوز عدة دقائق).

2 - هيئ أجهزة قياس شدة الأشعة الضوئية، مستقبل ومضخم إشارة المستقبل.

3- قص الشدة الضوئية بمقياس mV على اعتبار المستقبل منبع إشارة كهربائية، أو يُستخدم مقياس شدة ضوئية مباشرة، أو تُستخدم وحدة الوصلة البيئية الخاصة بهذه التجربة لتسجيل I و V على الحاسب مباشرة بعد التضخيم.

4 - يستعمل المضخم بإدخال إشارة المستقبل إلى مدخله، وقياس مخرج المضخم بعد وضع زر التضخيم واختيار مرتبة التضخيم.



الشكل (3) توضع ترتيب الاجهزة في الجزء الثاني في التجربة

5 - قبل البدء بتسجيل القراءات يتم تصغير النظام بحجب المصباح .

6- طبق جهد فولط واحد (يجب الانتظار دقيقة في كل مرة يتم فيها تغيير الجهد للوصول إلى حالة الاستقرار)

7- ضع مقياس الإشعاع على بعد حوالي 30 cm من المصباح وأدرها إلى اليمين واليسار بشكل بسيط للحصول على أعلى قيمة للجهد مع اشارة المضخم يضبط على تكبير 10^2 أو 10^3 و المضخم يستخدم في نظام انجراف منخفض 10^4 أوم مع ثابتة زمنية 1S

8- يوصل اشارة المضخم إلى مقياس الفولط أو الوصلة البينية (interface) أن وجدت مع الحاسب .

9- يتم إجراء عملية القياس كما يلي: يجب الانتباه إلى عدم وجود مصادر حرارية قريبة تؤثر على النتائج :

1- قبل البدء بتسجيل القراءات يتم تصغير النظام بإبعاد المصباح مسافة كافية عن مقياس الشدة الضوئية.

2- يتم استخدام زر ضبط الصفر لتصغير القياس.

10 - أكمل الجدول (2) التالي : بتسجيل قيمة الجهد وشدة التيار وحساب المقاومة من قانون أوم، ودرجة الحرارة من العلاقة (10) ثم دون قيمة فرق الجهد الناتج عن مقياس الشدة U_{Therm} من الجدول (2) و سجل قيم لوغاريتم درجة الحرارة T والشدة الضوئية $Log U_{The}$ في الجدول (2) التالي:

الجهد V	I(A)	$R(\Omega)$	T(K)	log T	U_{Therm} (فولط)	log U_{Therm}

الجدول (2)

11- ارسم على ورقة لوغاريتمية تحولات U بدلالة T أو $log U$ مع $log T$ على ورقة ملمتزية.

12 - احسب ميل المنحني الناتج وبين ماذا يمثل؟ ثم ناقش النتائج.

تجربة رقم (68) مقياس التداخل لمايكلسون

The Michelson interferometer

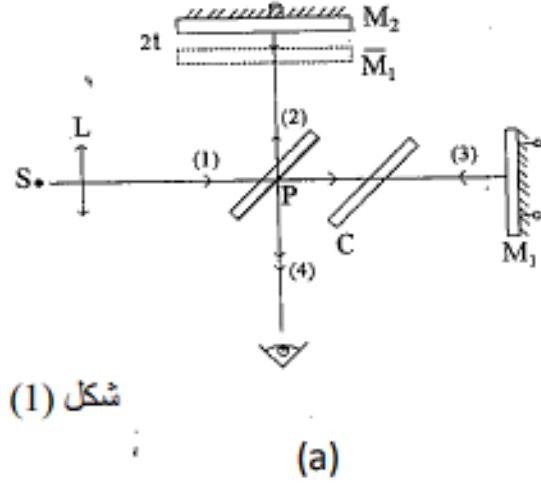
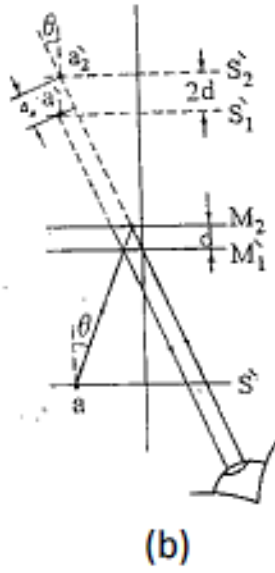
الغرض من التجربة :

معايرة مقياس التداخل المايكلسون و قياس فرق الطول الموجي $\Delta \lambda$ وصف الجهاز (شكل (1))

يبين الشكل (1a) مخطط بسيط لمقياس مايكلسون إذ يتكون الجهاز من مرآتين مستويين ومصقولتين صقلاً جيداً ، M_1 و M_2 ولوحيين زجاجيين متوازيين، لوح المجزئ الحزمة P ولوح المعوض C ويعمل اللوحان P و C زاوية 45 درجة مع المحور البصري للمرآتين . والمرآة M_2 مزودة بمسطرة ميكرومترية والمرآة M_1 بمسماري التعديل.

النظرية :

يمر الضوء الصادر من مصباح الصوديوم الموجود في بؤرة عدسة محدبة L خلال اللوح الزجاجي المحبب، ثم يسقط على لوح المجزئ P ينقسم إلى شعاعين أحدهما الشعاع النافذ (3) والثاني الشعاع المنعكس باتجاه العمودي (2) بعد انعكاس الشعاعين (3) و (2) من المرآتين M_1 و M_2 على التوالي يمران مرة أخرى عبر لوح P إلى التلسكوب أو العين شعاع (4). من الواضح أن الشعاع (2) يمر خلال اللوح P ثلاثة مرات بينما يمر الشعاع (3) مرة واحدة فقط وبذلك يحصل فرق المسار البصري بين الشعاعين (3) و (2) ويعمل اللوح (C) على تعويض هذا الفرق، وبذلك يصل الشعاعان إلى العين بنفس المسار البصري.



شكل (1)

عند حركة المرآة 2 قليلاً بواسطة الميكرومتر يحدث فرق المسار بين المرآتين ويحدث التداخل بالانعكاسات المتعددة

[توجد تفاصيل هذا الموضوع في أي كتاب منهجي في البصريات] ويمكن بعدئذ ملاحظة الأهداب الدائرية . يبين الشكل (b1) المسارات البصرية المكافئة لجهاز مايكلسون عندما تكون المسافة بين المرآتين M_1 و M_2 تساوي t فيكون فرق المسار البصري بين M_2 والصورة المنعكسة $(\overline{M_1})$ يساوي $2t$

وبذلك يكون فرق المسار البصري في حالة سقوطه بزاوية θ هو $2t \cos \theta$. وشرط التداخل البناء (الحلقات المضيئة)

$$2t \cos \theta = m\lambda \dots \dots (1)$$

وشرط التداخل الهدام (الحلقات المظلمة) :

$$2t \cos \theta = (2m + 1)\lambda \dots \dots (2)$$

وفي حالة السقوط العمودي تصبح المعادلتين (1)، (2):

$$2t = m\lambda \dots \dots (3)$$

و

$$2t = (2m + 1)\lambda \dots \dots (4)$$

حيث m رتب الحلقات و λ الطول الموجي المستخدم.

يمكن استخدام المعادلتين (3) (4) لإيجاد الطول الموجي λ بمعرفة المسافة بين المرآتين (t) . أو الحصول على ثابت التصحيح (c.f) factor correction للجهاز عندما يكون الطول الموجي λ معلوماً.

فرق الطول الموجي $\Delta\lambda$ لخط الصوديوم :

يتكون خط طيف الصوديوم من خطين متقاربين λ_1 و λ_2 ، ويمكن استخدام مقياس مايكلسون القياس فرق الطول بين الموجتين $\lambda_1 - \lambda_2 = \Delta\lambda$. عند إضاءة مقياس مايكلسون بضوء الصوديوم، فإن كل خط طيفي على انفراد يكون نمط هديبي خاص به، وعندما يتطابق النمطان الهدبيان على البعض، أي الهدية المضئية على المضئية والمظلمة على المظلمة يظهر نمط هديبي واضح في مجال النظر عند تحريك المرآة M_2 نحو الداخل أو الخارج يتزحزح النمطان عن بعضهما تدريجياً، وبالاتمرار في تحريك المرآة بنفس الاتجاه نصل إلى موضع حيث تختفي الأهداب في مجال النظر وهذا يعني تطابق الهدبة المظلمة مع الهدية المضئية.

إذا أخذنا حالة التطابق مثلاً، فتكون العلاقة بين رتبتي النمطين m و m' و المتناظرين للموجتين λ_1 و λ_2 كالآتي :

$$m = m' + N \dots \dots \dots (5)$$

حيث N عدد صحيح. إذا افترضنا فرق المسار لهذه الحالة ، $2t_1$ ، فتكون العلاقة (1) بالصيغة الآتية :

$$\frac{2t_1}{\lambda_1} = \frac{2t_1}{\lambda_2} + 1 \dots \dots \dots (6)$$

وعند تحريك المرآة M_2 تتغير فرق المسار إلى t_1 ويحدث حالة عدم التطابق (حالة الاختفاء ستكون العلاقة بين الرتبتين هي :

$$m = m' + N + 1 \dots \dots \dots (7)$$

ويمكن كتابة العلاقة (7) بالصيغة الآتية :

$$\frac{2t_1}{\lambda_1} = \frac{2t_1}{\lambda_2} + (N + 1) \dots \dots \dots (8)$$

ب طرح المعادلة (6) من المعادلة (8) وبافتراض حركة المرآة ب $t_1 - t_2 = \Delta t$ نحصل على:

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{2\Delta t} \dots \dots \dots (9)$$

وبما أن λ_1 قريب جداً من λ_2 يمكن كتابة المعادلة (9) بالصيغة:

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta t} \dots \dots \dots (10)$$

حيث λ متوسط القيمة لـ $\lambda_1, \lambda_2, \Delta t$ الفرق بين قراءاتي الميكرومتر

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

مقياس التداخل لمايكلسون، مصباح الصوديوم، لوح زجاجي مسنفر (grinded)، عدسة محدبة، قطعة ورقية فيها ثقب دائري صغير.

خطوات العمل :

- رتب الجهاز كما موضح بشكل (la) وتأكد من أن المسافة PM_1 قريبة من المسافة PM_2
- ضع مصباح الصوديوم في بؤرة العدسة المحدبة للحصول على حزمة ممتدة. وضع اللوح الزجاجي المستقر أمام الحزمة الممتدة.
- ثبت قطعة كارتونية فيها ثقب دائري أمام اللوح الزجاجي المسنفر، ولاحظ صورة الثقب من خلال التلسكوب، تلاحظ أربعة صور تقديرية للثقب. استخدم المسمارين الموجودين خلف المرآة M_1 لتعديل المرآة والحصول على صورتين تقديريتين بدلاً من أربعة صور، وذلك بتطابق كل صورتين على بعضهما. وكذلك ثبت نمط الأهداف في مركز مجال النظر .

- حرك المرأة M_2 باستخدام الميكرومتر الموجود خلفها، تلاحظ بزوغ أو تلاشي الأهداب في مركز النمط مع حركة المرأة.

قياس الطول الموجي (λ)

لقياس متوسط الطول الموجي لضوء الصوديوم سجل قراءة الورنية عندما تكون الأهداب واضحة جدا. ثم حرك المرأة M_2 باستخدام الورنية وسجل عدد الحلقات (المضيئة والمظلمة) التي تختفي في مركز الهدب (N) مع المسافة t لكل 10 أهداب مختفية وأرسم العلاقة بين t على المحور الصادي و N على المحور السيني واحسب λ من ميل المستقيم.

ملاحظة:

عندما يكون الطول الموجي معلوم ويمكن استخدام هذه البيانات لحساب عامل المعايرة (f.c) للجهاز وذلك باستخدام العلاقة :

$$\text{Calibration factor (c.f)} = \frac{\lambda}{\text{الميل}}$$

قياس فرق الطول الموجي $\Delta\lambda$:

1. لقياس فرق الطول الموجي اتبع الخطوات الآتية :
2. سجل قراءة الورنية لمرأة M_2 عندما يكون نمط الأهداب واضح جدا تمثل هذه القراءة موقع تطابق نمطي الأهداب المكونين لطولي الموجتين λ_1, λ_2 في خط الصوديوم، ولتكن t_1
3. حرك المرأة M_2 باستخدام الورنية وراقب نمط الأهداب باستمرار تلاحظ بعد فترة معينة تلاشي الأهداب في مجال النظر أو تكون غير واضحة سجل قراءة الورنية مرة ثانية لتكن t_2 .
4. استمر في أخذ القراءات لموقع اختفاء وظهور الأهداب على التوالي ورتب قراءتك في الجدول الآتي :

اختفاء الأول ...mm	ظهور الأول ...mm
اختفاء الثاني ...mm	ظهور الثاني ...mm
اختفاء الثالث ...mm	ظهور الثالث ...mm

جدول (1)

المسافة بين مواقع اختفاء وظهور نمط الهدب

إذا أخذنا متوسط المسافة بين مواقع الظهور والاختفاء (A_t) يمكننا حساب $\Delta\lambda$ من العلاقة رقم (10).

الأسئلة :

1. ماذا يحصل لو استخدمنا الضوء الأبيض بدلا من ضوء أحادي اللون في هذه التجربة؟
2. اذكر 5 استخدامات لمقياس مايكلسون؟
3. قارن بين نمط الأهداب في تجربة حلقات نيوتن وهذه التجربة؟
4. هل يمكن استخدام مقياس مايكلسون لقياس معامل انكسار الغازات؟ وضح ذلك؟
5. يعتمد عمل تجربة الشق الثنائي ليونج على تقسيم جبهة الموجة بينما يعتمد عمل جهاز مايكلسون على تقسيم ...

تجربة (69) محزر الحيود Diffraction grating

الغرض من التجربة :-

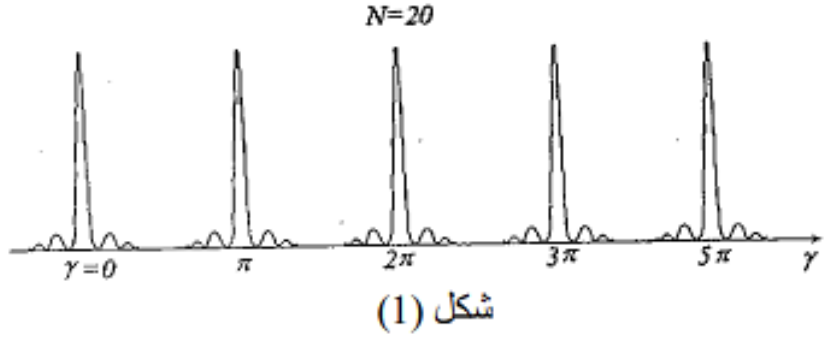
دراسة طيف الزئبق باستخدام محزر الحيود.

مقدمة :-

أي آلة تكافي عملها عمل عدد من الشقوق أو عوائق متوازية لها نفس العرض وتفضل بينها مسافات متساوية تسمى بمحزر الحيود diffraction grating. وأبسط محزر حيود هي نموذج الشقوق المتعددة وتصل صناعة بعضها إلى تقنيات متقدمة جدا تصنع المحازيز المستخدمة في مختبر البصريات ودراسة الأطياف عادة بعمل خدوش مستقيمة ودقيقة بواسطة نهايات مدببة من الماس على شريحة زجاجية مستوية (محزوزة نافذة) أو على سطح معدني عاكس مثل معدن الألمنيوم (محزوزة عاكسة) في المحازيز النافذة ينفذ الضوء من المناطق بين الخدوش وتعمل عمل الشقوق بينما في المحزوزات العاكسة فإن المناطق بين الخدوش تعكس الضوء. وتكون المحازيز إما مستوية أو مقوسة.

النظرية :-

تعتبر ظاهرة الحيود إحدى الظواهر المهمة في البصريات وتؤكد بأن للضوء خاصية موجية. مثلاً عندما تمر حزمة ضوئية على حافة حادة فإنها تحيد عن مسارها المستقيم وبدلاً أن يظهر ظل هندسي محدد للحافة نرى أن هناك مناطق مضيئة ومظلمة تمتد إلى داخل منطقة الظل الهندسي، ولا يمكن تفسير هذه الظاهرة إلا عن طريق الخاصية الموجية. و عندما تمر حزمة ضوئية أحادية اللون بمحزر الحيود بها N من الخدوش بسبب عملية الحيود والتداخل (راجع أي كتاب منهجي في البصريات) يتكون نموذج لتوزيع شدة الضوء المحايد كما موضح في



تتبع شدة الحزمة المحايدة العلاقة الرياضية الآتية:

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left(\frac{\sin N \alpha}{\sin \alpha} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

حيث I_0 الشدة المركزية. يمثل القوس الأول في المعادلة عامل الحيود أما القوس الثاني فهو عامل التداخل ويمكن أن نعبر عن الزاوية β بالعلاقة :

$$\beta = bk \sin \theta_m \dots \dots \dots (2)$$

والزاوية α بالعلاقة:

$$\alpha = \alpha k \sin \theta_m \dots \dots \dots (3)$$

و b عرض كل شق من الشقوق و المسافة بين الشقين، أما θ_m فهي زاوية الحيود. ومن العلاقة (3) نجد أن :

$$\alpha \sin \theta_m = m\lambda \dots \dots \dots (4)$$

حيث ثابت المحرز ويساوي $1/N$ و m رتبة الحيود ($m=0,1,\dots$). ويمكن تعميم المعادلة (4) لتضمن إمكانية سقوط الضوء على المحرز بزوايا سقوط مختلفة θ_i حيث i عدد صحيح وتصبح المعادلة بالصيغة الآتية :

$$\alpha (\sin \theta_i + \sin \theta_m) = m\lambda \dots \dots \dots (5)$$

عند النهاية العظمى المركزية $m = 0$ و $\sin \theta_i = -\sin \theta_m$ الإشارة السالبة هنا تعني وجود θ_i, θ_m على طرفي العمود المقام على المحرز

وعندما يتضمن الضوء أطوال موجية مختلفة، تبعا للعلاقة (5) يكون لكل طول موجي خط معين وبالتالي نلاحظ عدد من الخطوط عند كل رتبة - شكل (2) . وبالنسبة للخط المركزي للنهاية العظمى المركزية ستتطابق جميع الأطوال الموجية نظرا لعدم وجود فرق المسار بين الموجات عند هذه الرتبة. والخط الخاص بالطول الموجي الأقصر هو الأقرب من الخط المركزي.

جدير بالملاحظة أنه كلما تزداد الرتبة تتباعد الخطوط عن بعضها وهذا يعني أن المحرز تعمل عمل الموشور في تحليل الضوء إلى مركباته ويمكن القول بأنها أكفاً عملية وأصغر حجماً منه.

إن المسافة الفاصلة بين أي لونين طولاهما الموجيان و λ_1, λ_2 تتناسب طردياً مع الرتبة m وعكسياً مع ثابت المحرز α وتعبّر عن هذه الفاصلة بمصطلح يسمى بالتفريق الزاوي D dispersion angle ويتم الحصول عليه بإيجاد مشتقة المعادلة (4) أي :

$$D = \frac{d\theta}{\Delta \lambda} = \frac{m}{a \cos \theta} \dots \dots \dots (6)$$

وعندما تصبح N عدداً كبيرة كما هو الحال في محرز الحيود تكون النهايات العظمى الخاصة بكل لون في الشكل (1) ضيقة جداً. وتعبّر عن قوة التحليل اللوني resolving power بالعلاقة الآتية :

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = m N \dots \dots \dots (7)$$

تتناسب قوة التحليل طردياً مع عدد الرتب وعدد الخدوش لوحدة الطول.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

مطياف، محرز حيود، مصباح زينق

خطوات العمل :

1. ثبت مصباح الزينق على بعد قريب من شق المجمع بحيث يكون مستوى المصباح على نفس مستوى المطياف.

2. عدل المطياف بنفس الطريقة التي شرحناها في التجربة فقره المطياف وهناك تعديلات إضافية أخرى يجب القيام بها في هذه التجربة للتأكد من أن شقوق المحزوزة عمودية وموازية تماما للشق المضيء.

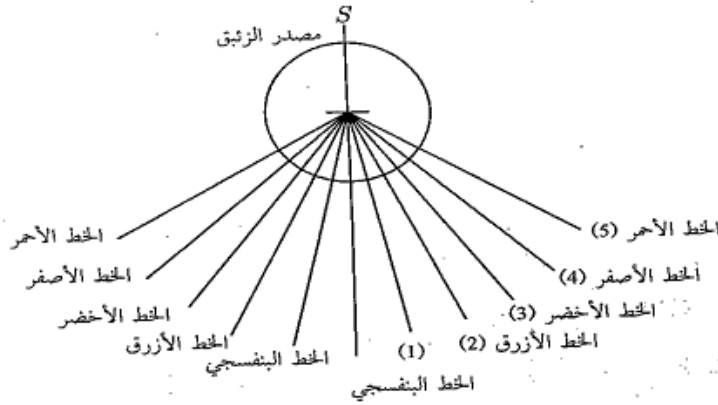
3. ثبت المحرز في مكانها الخاص بها وأتبع الخطوات الآتية :

(a) اجعل مستوى المحرز عمودية على أحد أضلع المثلث المتكون بالبرغي الثلاثة (X,Y) وليكن هذا الضلع zy - شكل (2)

(b) ثبت التلسكوب بزاوية 90° بالنسبة لمحور مجمع الحزمة وأدر المنضدة إلى أن تظهر صورة الشق في مجال النظر للتلسكوب واستخدم البرغي Z أو كلاهما لتجعل الصورة المنعكسة للشق في مركز الشعيرتين المتقاطعتين. (c) أدر الآن محرز الحيود بزاوية 45° إلى أن يكون مستواها عموديا على محور مجمع الحزمة. يمكنك الآن ملاحظة خطوط الحيود على طرفي الرتبة الصفرية واستخدم البرغي لتثبيت صورة الحيود في مركز الشعيرتين المتقاطعتين بهذه الطريقة تكون خدوش المحرز عمودية على المحور المشترك للتلسكوب والمجمع.

4- سجل لكل خط على حدى الزاوية الخاصة من اليمين (θ_1) ومن اليسار (θ_2) شكل (2)

وسجل قراءاتك في الجدول الآتي :



شكل (2)

الرتبة	الخطوط	θ_1	θ_2	$\theta = (\theta_1 + \theta_2)/2$	$\lambda = a \sin \theta / m$
m=1	الخط 1				
	الخط 2				
	الخط 3				
	الخط 4				
	الخط 5				
m=2	الخط 1				
	الخط 2				
	الخط 3				
	الخط 4				
	الخط 5				

الأسئلة:

1. أثبت المعادلة رقم (1).
2. قارن بين قدرة التحليل لهذه المحرز والموشور الذي استخدمت في التجربة رقم (2).
3. هل يمكن استخدام المحرز التي استخدمت في هذه التجربة لدراسة تحليل الأشعة تحت الحمراء؟ ما نوع المحرز التي يجب استخدام لدراسة حيود الأشعة السينية؟
4. محرز حيود بها 8000 خط على مسافة 5 سم ما هو الطول الموجي للضوء الذي تعمل رتبته الأولى زاوية 90°.

تجربة (70) قوانين كرشوف

الغاية من التجربة:

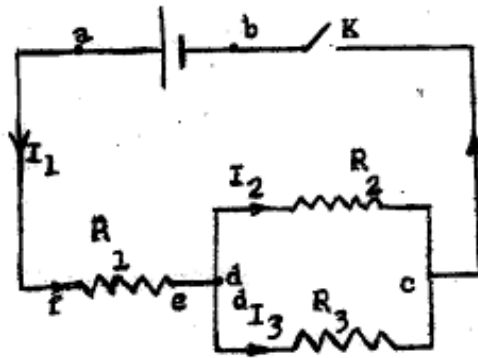
التأكد من القوانين الأساسية المستخدمة في الدوائر الكهربائية كقوانين كرشوف وقانون الاستعاضة . كما تهدف الى تعويد الطالب على استخدام الاجهزة المناسبة لكل عملية قياس .

الاجهزة المستخدمة:

مركمان رصاصيان ، ثلاثة صناديق للمقاومة ، اميتر يقرأ اعشار الا مبير ، فولتميتر ذو مقاومة داخلية عالية ، فولتميتر ذو مقاومة داخلية واطنة، ربوستات ، مفتاح عادي .

اولا: قوانين كرشوف :-

(1) اربط الدائرة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (1) على ان لا تزيد قيمة كل من المقاومات المربوطة عن عشرة اوم لكي تحصل على تيار مناسب .



شكل (1)

(2) اعلق الدائرة الكهربائية وقس فرق الجهد بين النقطتين (d و f) وكذلك بين (c,d) سجل

فرق الجهد V_{de}, V_{fd}

ثم جد (V_{de}, V_{fd}) ثم قس V_{ab} ، قارن بين النتيجةين .

(3) غير من قيم المقاومات R_3, R_2, R_1 وكرر الخطوتين (2) و (3) من العمل .

(4) ادخل الاميتر ضمن الدائرة الآن وفي الجزء ما بين c, b وسجل شدة التيار (I_1) مختاراً مدى

قياس مناسب

لأميتر.

(5) دون ان تغير من قيمة R_3, R_2, R_1 ادخل الاميتر ما بين e, d ثم ما بين a, f مسجلاً

قراءة الاميتر وملاحظاتك في كل حالة.

(6) دون ان تغير من قيمة المقاومات ادخل الاميتر في الخط الحادي على المقاومة R_2 وسجل

(I_2) ثم في الخط الحادي على المقاومة R_3 ، مسجلاً (I_3) ثم جد قيمة ($I_2 + I_3$) قارن هذا الناتج

بناتج الخطوتين (5 و 4) وسجل استنتاجاتك، ثم جد (V_{de}) بالقياس المباشر وكذلك باستخدام

العلاقة:

$$V_{de} = \sum IR - V_{fe}$$

Or

$$V_{de} = E - I_1 R_1$$

- قارن بين الناتجين وناقش نتيجة المقارنة . علماً ان قانوني

كرشهوف يمثلان قانون حفظ الشحنة ، وقانون حفظ الطاقة:

القانون الأول: في اي نقطة تفرغ من الشبكة $\sum I = 0$

القانون الثاني: مجموع انحدار الجهد لأي مسار مغلق بالشبكة

= صفر .

$$\sum V + \sum IR = 0 \quad \text{لمسار مغلق}$$

ثانياً: قانون الاستعاضة:-

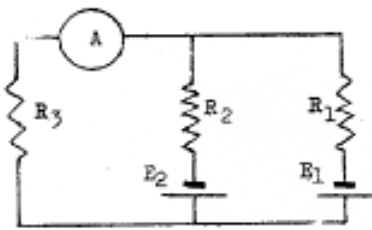
يمكن استخدام هذا القانون في الدوائر التي تتضمن عدداً من

المصادر للتيار الكهربائي.

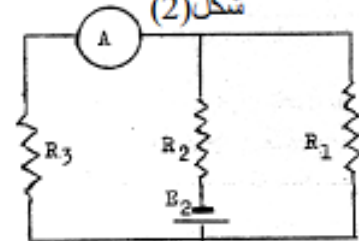
a. اربط الدائرة الكهربائية كما هو مبين في شكل (2) على

ان لا تزيد قيمة كل المقاومات المربوطة عن عشرة اوم.

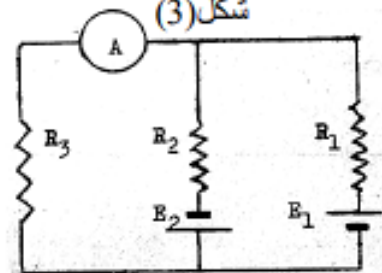
b. سجل قراءة الاميتر وليكن (I_3)



شكل (2)



شكل (3)



شكل (4)

c. دون أن تغير من قيمة المقاومات المستخدمة ارفع المنبع (E_1) من الدائرة كما هو مبين في شكل (3) وسجل قراءة الاميتر ولتكن (I_1)

d. كرر الخطوة السابقة برفع المنبع (E_2) بدلا من (E_1) وسجل قراءة الاميتر ولتكن (I_1)

e. اربط الدائرة الكهربائية كما هو مبين في شكل (4) دون ان تغير من قيمة المقاومات المستخدمة سجل قراءة

الاميتر ولتكن (I_4)

f. قارن بين (I_3) وقيمة ($I_1 + I_2$) وكذلك بين I_4 والمقدار ($I_1 - I_2$)

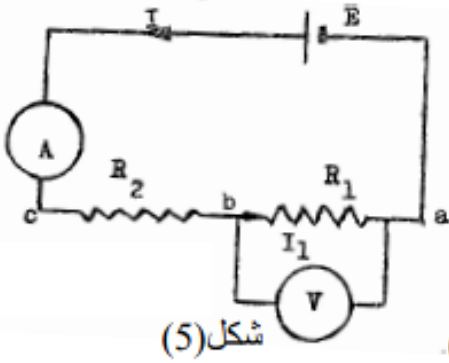
g. ان سمح لك الوقت اعد العمل باختيار قيم اخرى للمقاومات .

ثالثاً : اختبار الفولتميتر المناسب لقياس فرق الجهد:

لا يمكن الاعتماد على قراءة الفولتميتر الا اذا كانت مقاومته الداخلية اكبر بكثير من المقاومة المطلوب قياسها، لذا وجب اختيار الفولتميتر المناسب لكل عملية قياس ولا تظهر هذه الحقيقة نتج ما يلي:

(1) اربط الدائرة الكهربائية كما هو مبين في شكل (5)

على ان يكون مقدار المقاومات R_1, R_2 أكبر من 20 اوم وقيمة R_2 ضعف قيمة R_1



(2) مستخدما فولتميتر ذو مقاومة منخفضة اقرأ فرق

الجهد بين طرفي البطارية وليكن V اربط الفولتميتر بين

(a , c) ثم اقرأ فرق الجهد بين النقطتين a,b وليكن V_1 ،

وكذلك فرق الجهد V_2 بين (c , b)

(3) جد المقدار ($V_1 + V_2$) هل ان المجموع يساوي (v) كما هو متوقع ؟

(4) كرر العملية بأخذ مقاومات اعلى .

(5) كرر العمل باستخدام فولتميتر مقاومته الداخلية عالية .

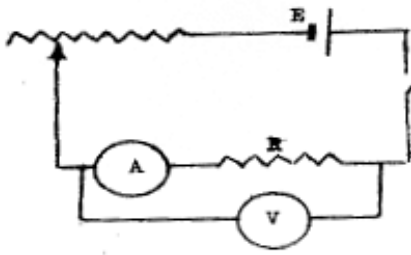
ملاحظة:

ان الفولتميتر نفسه اثناء ربطه يسحب جزء من التيار في المقاومة عندما يربط بين طرفيها باعتباره مقاومة مربوطة على التوازي ويمكنك تعيين مقاومته الداخلية من المعلومات السابقة.

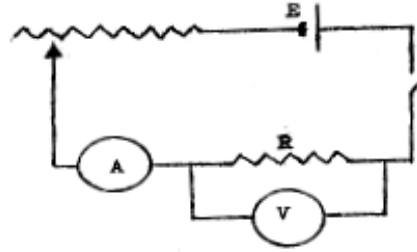
رابعاً : - تعيين مقاومة باستخدام فولتميتر واميتير :-

القياس قيمة المقاومة باستخدام اميتر وفولتميتر أي بتطبيق قانون اوم يجب اختيار طريقة للربط بحيث تعطي افضل النتائج الاختيار يتوقف على قيمة المقاومة المطلوب قياسها .

1. اربط الدائرة الكهربائية كما في شكل (5) استخدم من صندوق المقاومة (R) المطلوب تعيينها (1 او 2 اوم) وانتخب ربوستات واطنة القيمة .



شكل (7)



شكل (6)

(2) اغلق الدائرة وسجل ما يقرأه الا ميتر والفولتميتر يحصل على ثلاث قراءات أخرى لكل من الا ميتر والفولتميتر وذلك باستخدام الريوستات سجل قراءاتك في جدول .

(3) دون أن تغير من قيمة المقاومة (R) اربط الدائرة كما هو مبين في شكل (7) كرر قياساتك كما ورد في الخطوة (2) من العمل.

(4) لكل من القراءات السابقة ارسم تخطيطاً بيانياً متخذاً قيم (I) على محور السينات وقيم (V) المناظرة على محور الصادات منها احسب قيمة المقاومة (R) وبين اقربهما الى قيمة (R) الحقيقية .

(5) كرر الخطوات (1,2,3,4) مستخدماً قيمة المقاومة (R) حوالي (500) اوم وربوستات عالية القيمة .

(6) في أي من الحالات يكون الربط كما هو مبين في شكل (6) أصح؟ وبأيها يكون الربط كما هو مبين في شكل (7) هو الأصح ؟ ولماذا ؟

ملاحظة:

قد لا تكون قراءة صندوق المقاومة دقيقة ، لذا يفضل ايجاد قيمة المقاومة في كل مرة باستخدام صندوق البريد.

أسئلة :

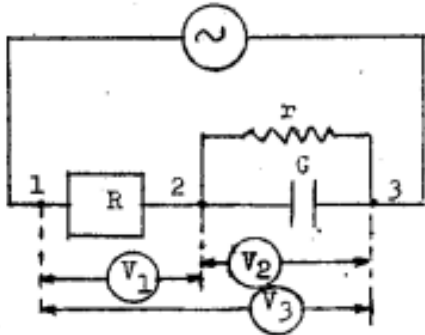
1- ضع صيغة قانوني كرشوف للدوائر الكهربائية موضحاً بالرسم.

2- ما الفائدة من قانون الاستعاضة .

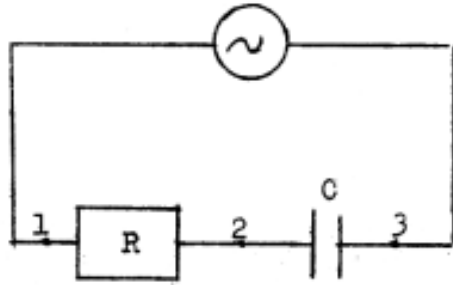
3- استخدم المعلومات المتوفرة في الجزء الثالث من التجربة لحساب مقاومة الفولتميتر . اشتق المعادلة الأزمة

تجربة (71)

قياس سعة متسع كهربائي وتعيين مقاومته باستخدام فولتمتر



شكل (1b)



شكل (1a)

الاحيطة المستخدمة:

متسع، مقاومة صرفة معلومة المقدار منبع كهربائي (A.C) ذو جهد منخفض (20 فولت وبتردد 50 هرتز)، فولتمتر (A.C)

النظرية:

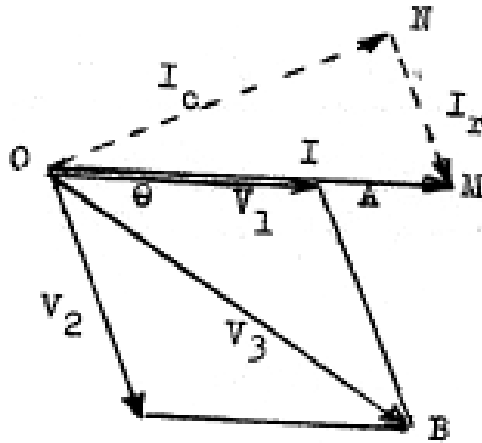
نظرا للمقاومة العالية للمتسع الكهربائي فان تيارا كهربائيا ضعيفا سيسري خلاله، لذا تتخيل وجود متسع صرف (مثالي) ومربوط معه على التوازي مقاومة صرفة مساوية لمقاومة مادته كما هو مبين في شكل - 1b.

فرق الجهد V_1 بين طرفي المقاومة الصرفة R يكون متحدا في الطور مع التيار المار خلالها (I) الا ان هناك اختلاف في الطور بين شدة التيار (I) وفرق الجهد (V_2) بين طرفي المتسع وهذا الاختلاف لا يساوي (90) درجة نظرا لوجود تيار التسرب خلال المتسع (لو كان المتسع مثالي لكان الاختلاف في الطور يساوي 90 درجة).

يستعان بالرسم الاتجاهي لتعيين سعة المتسع ومقاومته، شكل (2) . فاذا مثل التيار (I) والمار خلال المقاومة (R) على محور (x) وكان (OM) مساويا لشدة التيار فان (V_1) المتحد في الطور مع (I) سيكون باتجاه محور (x) ايضاً ويساوي او يتناسب مع الطول (OA).

فاذا ركز الفرجال في نقطة (O) واخذت فتحة مساوية (أو تتناسب V_3) ورسم قوس ثم ركز في نقطة (A) واخذت فتحته مساوية (أو تتناسب مع V_2) ورسم قوس فسيتقاطع القوسان في نقطة (B)، فلو وصل بين (OB) و (OA) بمستقيم فان الشكل الناتج يوضح الاختلاف في الطور بين (I) و (V_2) وبين (I) و (V_3)

ان (AB) يمثل (V_2) و (OB) يمثل (V_3) .



شكل (2)

في شكل I b تمثل (r) مع (c) المربوطين على التوازي جزء الدائرة المكافئ للمتسع الكهربائي . فرق الجهد بين طرفيها هو (V_2) ولكون (r) مقاومة صرفة و (C) متسع مثالي فهناك اختلاف بالطور مقداره (90°) بين التيار (I_r) المار في المقاومة (r) والتيار (I_c) المار خلال المتسع.

التيار (I_r) متحد بالطور مع (V_2) والتيار (I_c) يختلف عنه بزاوية قدرها (90°). فاذا رسم من (O) مستقيم عمودي على (V_2) ومن (M) مستقيم يوازي (V_2) عند ذلك سيتقاطعان المستقيمان في (N) حيث يمثل (ON) التيار (I_c) ويمثل (MN) التيار (I_r) .

يكون تيار المتسع

$$I_c = \frac{V_2}{Z_0} = \frac{V_2}{1/2 \pi f c}$$

$$C = \frac{I_c}{1/2 \pi f V_2} = \frac{ON}{1/2 \pi f V_2} \dots \dots (1)$$

وتكون قيمة التيار المار (r) :-

$$I_r = \frac{V_2}{r}$$

$$r = \frac{V_2}{I_r} = \frac{V_2}{MN} \dots \dots \dots (2)$$

لحساب عامل القدرة يقاس فرق الطور (الزاوية θ في شكل 2) وتعيين القدرة (p) للدائرة من المعادلة :

$$P = I \cdot V_3 \cos \theta \dots \dots \dots (3)$$

العمل:

(1) اربط الدائرة الكهربائية المبينة في شكل 1a، حيث تمثل (R) مقاومة صرفة (ويفضل ان تكون قابلة للتغير) خذ مقاومة مناسبة من صندوق المقاومات (R).

(2) قس فرق الجهد (V_1) بين طرفي المقاومة (R) وكذلك فرق الجهد بين طرفي المتسع وليكن (V_2)، قس ايضا فرق الجهد (V_3) بين طرفي المجموعة ، من هذه القراءات عين قيمة التيار (I) ادرج قياساتك في الجدول المبين .

(3) غير الجهد المستخدم (أو المقاومة) وكرر الخطوة (2) .

V_1	V_2	V_3	R	$I = V_1/R$

(4) ارسم الشكل الاتجاهي (شكل2) واستخدمه مع العلاقات 1 و 2 و 3 لحساب سعة المتسع (c) وقيمة المقاومة (r) والقدرة (p) .

ملاحظة : بنفس الطريقة يمكن قياس محاثة ملف وتعيين مقاومته باستخدام فولتمتر انظر الاشكال (1و2و3) بعد تثبيت الشكل (3) باستخدام الفرجال وباستخدام العلاقات :

$$I = \frac{V_1}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_r}{r}$$

$$\therefore V_1 = RI = AB, \quad V_r = rI = BD, \quad r = \frac{BD}{AB} \cdot R\Omega$$

$$V_L = X_L I = 2\pi fL \cdot I = CD$$

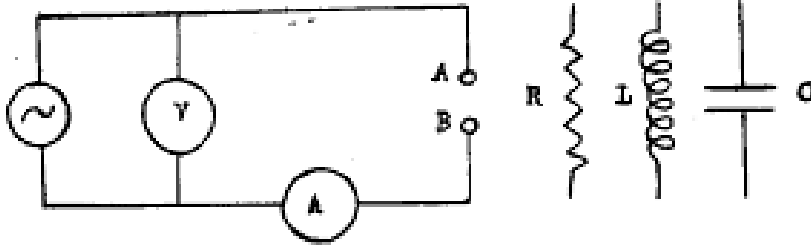
$$L = \frac{CD}{AB} \cdot \frac{R}{2\pi f} \quad \text{henry}$$

حيث: X_L - ممانعة الملف ، θ - الطور ، P - القدرة ، $\cos \theta$ - عامل القدرة

تجربة (72)

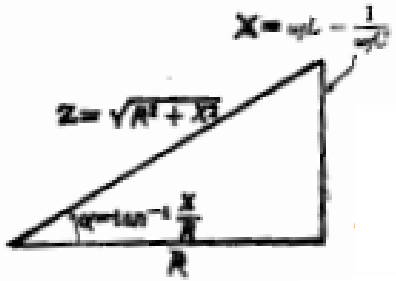
ممانعة ملف ومتسعة ومقاومة

Impedance of an Inductor, Capacitor and Resistance



شكل (1)

الاحيطة المستخدمة



مقاوم صرف (pure Resist)، ملف، متسع، منبع للتيار المتناوب ذات تردد قابل للتغير، فولتميتر (A.C.)، اميتر (A.C.)

النظرية :-

(انظر الشكل المقابل الذي يمثل مثلث الممانعة لدائرة (RLC):-

في الدائرة ذات التيار المستمر (D.C) فإن ثابت التناسب بين فرق الجهد والتيار هيا المقاومة وتعطى بالعلاقة :

$$V = IR \dots \dots (1)$$

اما في حالة دوائر التيار المتناوب (AC) فثابت التناسب بين فرق الجهد والتيار يدعى بالممانعة ويرمز له بالرمز (Z) فتكون

$$V = I Z \dots \dots (2)$$

يطلق على (٧) بفرق الجهد الفعال او المؤثر (Ver او Vans) وكذلك يكون (1) شدة التيار الفعال او المؤثر (Lear) او (Inns) اما الممانعة (2) لدائرة تضم مقاومة وملف ومتسع فتعطى بالعلاقة :

$$z = \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)} \dots \dots \dots (3)$$

$$X_C = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{2\pi f c} \dots \dots \dots (4) \quad \text{أما } X_C :$$

تمثل (X_L) ممانعة الملف (Inductive React) وتقدر بالأوم وتعطى بالعلاقة :

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \dots \dots \dots (5) \quad \text{كذلك } X_L$$

(L) محاثة الملف Inductance (او معامل الحث) ويقدر بالهنري اما (f) فهو تردد الجهد المؤثر

اما (X_C) فهي ممانعة المتسع (Capacitive React) وتقدر بالأوم أيضا وتعتمد في مقدارها على سعة المتسع وتردد الجهد أيضا وتعطى بالعلاقة :

$$x_c = (\omega c)^{-1} = 1/2\pi f c \dots \dots \dots (6)$$

يتضح من العلاقتين (4) و (5) بأن ممانعة المتسع والملف كميتان تتغيران تبعا لتردد المتسع المتناوب والغاية من هذه التجربة هو دراسة تغير ممانعة كل من المقاومة والمتسع والملف مع تردد الجهد المؤثر

العمل:

اولا : تعيين ممانعة مقاومة صرفة

- (1) رتب الدائرة الكهربائية كما في الشكل (1) . اربط المقاومة بين A و B
- (2) غير تردد المنبع بمراحل متخذاً الترددات بين 20 هرتز ولغاية 20 كيلو هرتز لكل مرة سجل قراءة الاميتر والفولتميتر واحسب قيمة (Z_R) من العلاقة (2) . ادرج قياساتك في جدول كالمبين فيما يلي :

F Hz	I amp	V volt	$Z_R = V/I$ Ohm

3- ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم Z_R وقيم (f) المناظرة

1- ارسم تخطيطا بيانيا يبين قيم (I) وقيم (V) المناظرة واحسب منه قيمة (R) او (Z_R) ناقش البياني

ثانياً : ممانعة الملف

أ- ارفع المقاومة من الدائرة السابقة واربط موضعها الملف قيد التجربة

ب- غير من تردد المنبع كما ورد سابقا وسجل قراءة الاميتر والفولتميتر في كل مرة . احسب

قيمة (Z_L) بتطبيق المعادلة (2) ، رتب قياساتك في الجدول المبين

f Hz	V volt	I amp	$Z_L = V/I$ Ω	z_L^2	f^2

3- ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم (Z_L) وقيم (f) المناظرة ، واحسب قيمة (L) من البياني

4- ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم (z_L^2) وقيم (f^2) المناظرة ، واستخدم الميل في حساب (L)

قارن ناتج هذه الخطوة مع ناتج الخطوة السابقة و معا القيمة الحقيقية للكمية (L) . هل للملف

مقاومة ؟ ناقش نتائجك على ضوء المستقيم

الناتج . هل يمر بنقطة الاصل ؟

ثالثا : ممانعة متسع

1. ارفع الملف من الدائرة السابقة واربط في موضعه المتسع قيد التجربة.

2. غير تردد المتسع وسجل لكل مرة قراءة الاميتر والفولتميتر . احسب ممانعة المتسع (Z_C)

من العلاقة (2) لكل حالة . ادرج قياساتك في الجدول المبين

f Hz	V volt	I amp	$Z_c = V/I$ Ω	z_c^2	$1/f^2$

3. ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم (Z_c) وقيم $(1/f)$ المناظرة واحسب قيمة (C) من ميل البيان الناتج .

4. ارسم تخطيطا بيانيا بين قيم z_c^2 وقيم $1/f^2$ المناظرة . ناقش المستقيم الناتج ، هل يمر بنقطة الاصل ؟ ولماذا؟ قارن نتائجك مع نتائج الخطوة السابقة.

وفي الصفحة التالية ولزيادة التوضيح تم التبيان التالي :

- مخططات دوائر RLC, RL
- المعادلات المرتبطة بـ Z, V, I وزاوية الطور $\propto$
- حيث Z : الممانعة V : فرق الجهد I : التيار بالدائرة
- الرسم البياني $(I - t)$ لدائرة RL

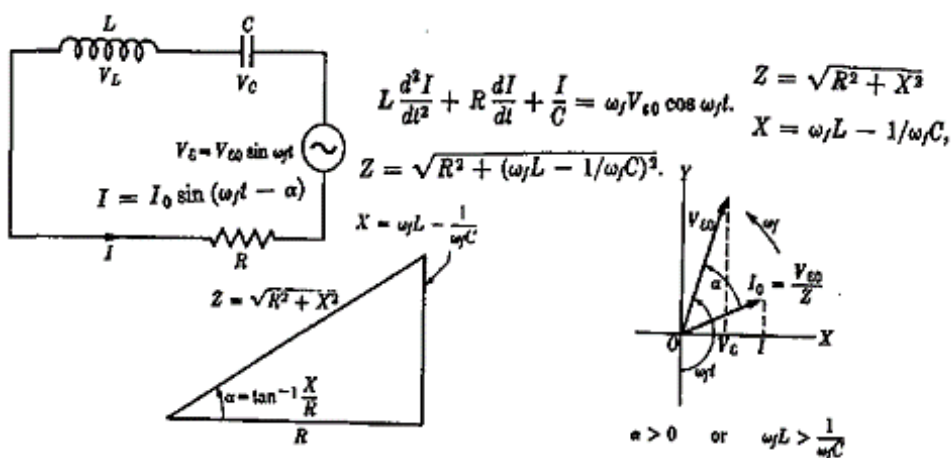


Fig. 22 Relation between resistance, reactance, and impedance.

Fig. Rotating vectors of the current and the emf in an ac circuit.

$$I_0 = \frac{V_{c0}}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

$$RI = V_L + V_C + V_{c0} \sin \omega t.$$

$$\tan \alpha = \frac{X}{R} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}.$$

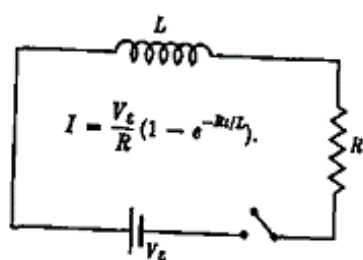
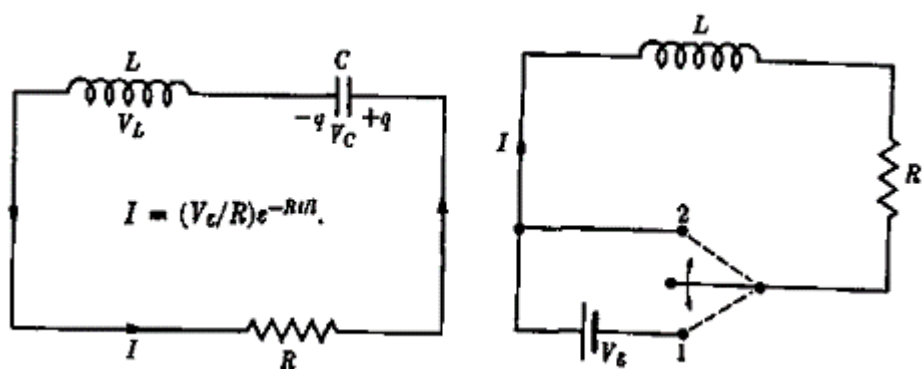


Fig. . Electric circuit containing a resistance and a self inductance.

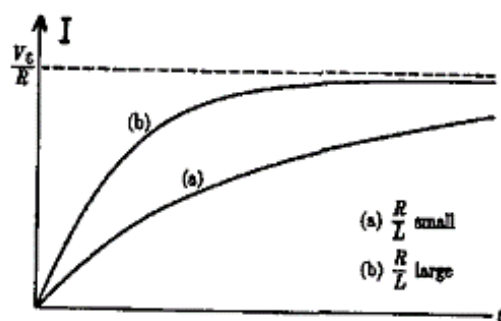


Fig. . Establishment of a current in a circuit.

الملاحق

ملحق A

رأسم الاهتزاز المهبطي

راسم الاهتزاز المهبطي

Cathode Ray Oscilloscope

1- الغاية من التجربة :-

- التعرف على بنية راسم الاهتزاز المهبطي و مبدأ عمله والتدرب على استعماله .
- استخدام الراسم لقياس فروق الجهد المستمرة DC والمتأوبة AC
- استخدام الراسم لقياس الزمن .

2- المبدأ النظري :-

بعد راسم الاهتزاز المهبطي من أهم الأجهزة المساعدة في تصميم الدوائر الالكترونية ومتابعة الإشارة فيها وبيان أشكالها وقياس سعاتها وأدوارها، كما يفيد في تحديد الأعطال في الأجهزة الالكترونية على اختلاف أنواعها.

ويعتمد عمل الراسم بشكل رئيسي على حركة الالكترونات في الحقول الكهربائية التي تتولد داخل أنبوب الأشعة المهبطية بفضل فروق الجهد المطبقة عليها.

- بنية الراسم:

يتألف راسم الاهتزاز المهبطي من الأجزاء الرئيسية التالية:

أ- انبوب الاشعة المهبطية :

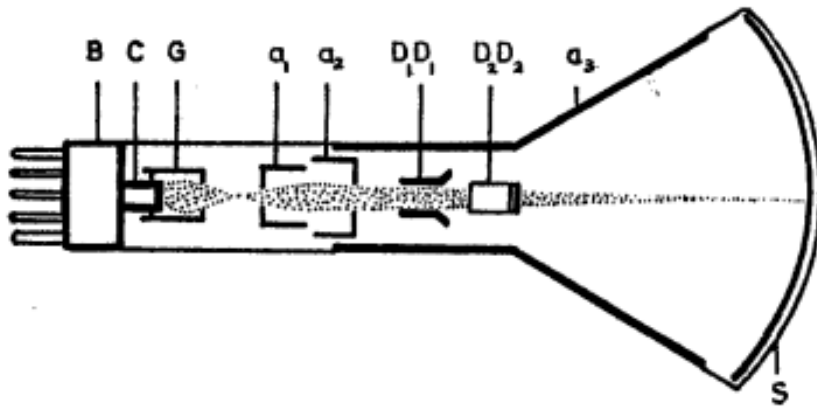
و هو أنبوب مفرغ من الهواء بضغط حوالي * 10^{-6} mm Hg تظهر أجزائه في الشكل (1)، تقع في أحد طرفيه :

- شاشة S : مطلية من الداخل بمادة كيميائية ملائمة تصدر ضوءاً مرئياً لدى اصطدام الالكترونات بها و يختلف لون الضوء الصادر من أنبوب الآخر بحسب نوع المادة الكيميائية المستخدمة كطلاء للشاشة من الداخل. وفي الطرف الآخر :

- قاعدة B : تبرز منها مجموعة دبابيس تتصل بعناصر الأنبوب المختلفة مهمتها وصل الأنبوب بالدائرة الكهربائية الخارجية، و الموضحة فيما يلي:

- المهبط C: الذي يصدر سيلاً من الإلكترونات عن طريق تسخينه بالطريقة غير المباشرة بواسطة سلك التسخين F (الفتيل) Filament وهو من التنغستين .

يقع ضمن المهبط يتوهج لدى مرور التيار الكهربائي فيه، ولا يظهر الفتيل في الشكل الإحاطة المهبط به إحاطة تامة. ويعتبر المهبط المصدر الحقيقي للأشعة المهبطية .



الشكل (1): أنبوب الأشعة المهبطية

- الشبكة الحاكمة G :

وهي على شكل أسطوانة مزودة بفتحة أو ثقب تدعي أسطوانة فهذلت wehnelt ، وتتصل بجهد كهربائي سالب قابل للتغيير و تتحكم الأسطوانة بشدة الإلكترونات الخارجة من فتحتها و بالتالي في شدة الأثر الذي تتركه حزمة الإلكترونات على الشاشة s، وذلك باستخدام مفتاح شدة الإثارة Intensity .

- مصعد الإحكام a₁ :

وهو على هيئة أسطوانة مفتوحة الطرفين، يتصل بجهد كهربائي موجب قابل للتغيير، يساعد على جعل حزمة الإلكترونات دقيقة وسريعة ومتقاربة لتتابع المسير إلى باقي أجزاء الأنبوب .

يشكل هذا المصعد a_1 مع مصعد التسريع a_2 عدسة الكترونية يمكن التحكم في بعدها المحرقي ، و من ثم في حجم البقعة المضيئة على الشاشة a_1 وذلك باستخدام مفتاح الإحكام Foucs المتصل بالمصعدة a_1 .

- مصعد التسريع a_2 :

وهو على هيئة أسطوانة مفتوحة الطرفين، يتصل بجهد كهربائي عال موجب، مما يسرع حزمة الالكترونات الصادرة عن المهبط حتى تكتسب سرعة عظمى عند خروجها منه بحيث تتجمع الالكترونات حتى تشكل حزمة متقاربة يكون أثرها على الشاشة أصغر ما يمكن .

- مصعد a_3 : يأخذ شكل طبقة مترسبة من الكربون و يتصل بنفس الجهد الكهربائي لـ a_2 ، ومهمته تسهيل طريق عودة الالكترونات المرتدة عن الشاشة s إلى الدائرة الكهربائية لأن تجميعها قرب الشاشة يؤدي إلى إعاقة سير الالكترونات الجديدة نظرا لتدافع الشحنات المتماثلة.

- لوحا الانحراف الشاقولي D_1, D_1 :

وهما لوحان أفقيان متوازيان ويعملان على تحريك حزمة الالكترونات شاقولياً إلى الأعلى وإلى الأسفل إذا طبق عليهما فرق جهد كهربائي مناسب من خارج الأنبوب .

- لوحا الانحراف الأفقي D_2, D_2 :

وهما لوحان شاقوليان متوازيان ، ويعملان على تحريك حزمة الالكترونات أفقياً أي إلى اليمين وإلى اليسار إذا طبق عليهما فرق جهد مناسب من خارج الأنبوب.

و تسمى عادة جملة منظومة سلك التسخين F والمهبط والشبكة الحاكمة G ومصعد الإحكام a_1 ومصعد التسريع a_2 باسم المدفع الالكتروني (electron gun) وذلك لأن هدفها جميعاً هو إصدار سيل من الإلكترونات بسرعة عالية على شكل حزمة دقيقة لتدخل منطقة لوجي الانحراف الشاقولي D_1, D_1 ومنطقة لوجي الانحراف الأفقي D_2, D_2

ب- مضخم الانحراف الشاقولي:

تشير الدراسة النظرية إلى أن مقدار انزياح حزمة الالكترونات بفعل فرق الجهد V المطبق على لوحى الانحراف الشاقولي يتناسب طردياً مع هذا الفرق للجهد ، الأمر الذي يسمح باستخدام الراسم لقياس القوى المحركة الكهربائية بعد تدريجه تدريجاً مناسباً. ويظهر هذا التدرج على مفتاح الحساسية الشاقولية (7) المبين في الشكل (3).

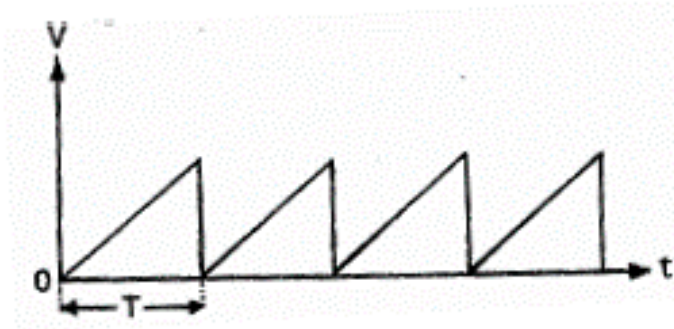
ج- مضخم الانحراف الأفقى:

وهو يشبه في عمله مضخم الانحراف الشاقولي و يعمل عند تطبيق إشارة خارجية على لوحى الانحراف الأفقى.

د - مولد قاعدة الزمن:

يستخدم الراسم بحيث يتصل لوحا الانحراف الأفقى بفرق جهد يتولد داخل الراسم و يتغير مع الزمن. وفق منحن على شكل أسنان المنشار كما في الشكل (2).

يؤدي تطبيق هذا الفرق للجهد على لوحى الانحراف الأفقى إلى تحريك حزمة الالكترونات من أقصى يسار الشاشة إلى أقصى يمينها بسرعة منتظمة ثم إعادة هذه الحزمة إلى أقصى اليسار خلال فترة تكاد أن تساوي الصفر ، ويجري التحكم بسرعة هذه



الشكل (2) : المنحني المباني الأسنان المنشار

الحركة عادة بمفتاح يسمى مفتاح قاعدة الزمن وهو المفتاح (14) في الشكل (3) وعليه .
فيمكن استخدام الراسم لقياس الزمن .

هـ - قسم التغذية:

و هو القسم الذي يحول تيار المدينة المتناوب إلى ما يلزم من تيارات مستمرة عالية أو منخفضة ليغذي جميع دارات راسم الاهتزاز المهبطي بما فيها أنبوب الأشعة المهبطية.

3 - الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- راسم الاهتزاز المهبطي من طراز CS-4125 من صنع شركة Feedback.
- منبع تغذية مستمر ومتناوب من طراز 13501.93 من صنع شركة Phywe.
- مقياس فولط رقمي (مستمر ومتناوب) من طراز 07134.00 من صنع شركة Phywe.
- أسلاك توصيل .

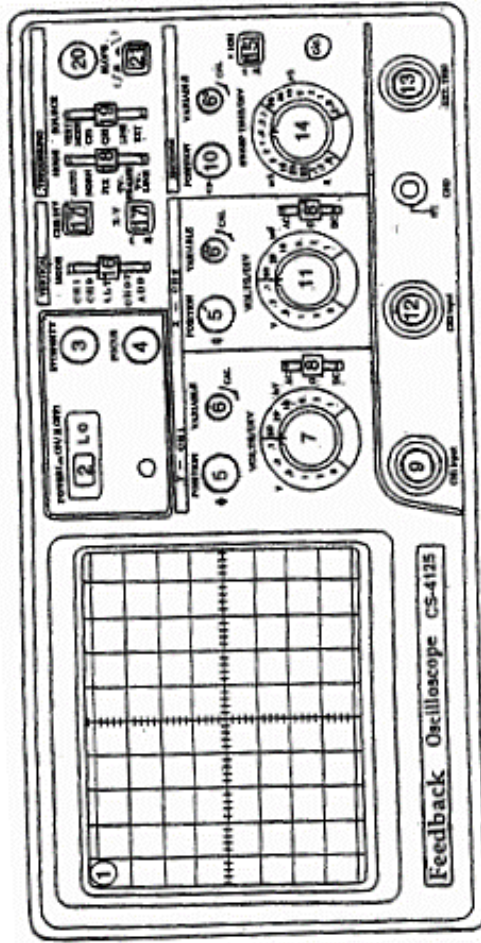
- وصف راسم الاهتزاز المهبطي :

يبين الشكل (3) الواجهة الأمامية لراسم الاهتزاز المهبطي طراز CS-4125 وهو ذو قناتين CH1 و CH2، وقد أشير إلى كل من أجزائه الهامة برقم وفيما يلي شرح لأهم الأجزاء فيه :

1- شاشة الراسم : وتظهر عليها رسومات الإشارات المطبقة على الراسم، ويوجد أمام الشاشة صفيحة شفافة عليها شبكة مربعات مدرجة بتدرجات رئيسية وأجزائها تستعمل ك سلم تدرج بغية تقدير الانحراف الحاصل على المحورين، بحيث تسهل عملية القياس .

2- مفتاح التشغيل:

ويتم به تشغيل الجهاز لدى الضغط عليه و يضيء المصباح المثبت بجانبه L صغير إلى اليسار ابان التشغيل بلون أخضر .



شكل (3) واجهة راسم الاهتزاز المهبطي

3- مفتاح شدة الإشارة:-

و به تتحكم بشدة الأثر المتشكل على شاشة الراسم Intensity .

4- مفتاح الاحكام :-

وهو مفتاح لتركيز حزمة الالكترونات على الشاشة Focus ، ويساعد في جعل دقة الأثر المتشكل على شاشة الراسم، في أوضح صورة من طريق عدسات كهراكدية داخل الجهاز .

5- مفتاح الازاحة الشاقولية :-

يساعد هذا المفتاح في إزاحة الأثر المتشكل على شاشة الراسم إلى الأسفل أو إلى الأعلى ، أي وفق المحور الشاقولي y، والعائد إلى القناة الأولى CH1 أو y. ثمة مفتاح (5) لضبط الوضع الشاقولي العائد إلى القناة الثانية CH2 .

6- مفتاح دوار للمعايرة :-

يوضع هذا المفتاح على أقصى اليمين على الوضع cal، وكذلك المفاتيح (6) و(6).

7- مفتاح الحساسية الشاقولية :-

وهو مدرج بتدرجات ذات مجالين، يبدأ أولهما الأيمن بالتدرجة 1mv/div وينتهي بالتدرجة 50mv/div وأما المجال الثاني فيبدأ بالتدرجة 0.1 v/div وينتهي بالتدرجة 5 v/div.

وتقيد هذه التدرجات في استخدام الراسم كمقياس للفلوط . إذ يكفي قراءة عدد التدرجات الرئيسية وأجزائها التي تحرف حزمة الالكترونات بالاتجاه الشاقولي على شاشة الراسم، و ضرب ذلك بالقراءة التي يشير إليها المفتاح (7) لنحصل على فرق جهد الإشارة المطبقة، علماً بأن المجال بين تدرجتين على شاشة الراسم مقسم إلى خمس تقسيمات تعادل كل تقسيمة 0.2 من المجال بين التدرجتين.

تجدر الإشارة هنا إلى أن هذه القراءة لا تكون صحيحة إلا إذا وضع المفتاح الدوار للمعايرة (6) في أقصى وضع له إلى اليمين باتجاه cal.

8- مفتاح طبعة الإشارة:

وهو مفتاح له ثلاث وضعات عليها الكتابات (CD - GND - AC) ففي الوضعة الأولى AC يمكن دراسة الجهود والإشارات المتناوبة، وفي الوضعة GND يتم وصل مدخل المضخم الشاقولي بالأرض ، أما الوضعية DC فتستخدم لدراسة الجهود والإشارات المستمرة.

ثمة مفتاح (8) مماثل له نفس الوظائف خاص بالقناة الثانية CH2 أو X

9 - مرتبط الدخول الشاقولي:

و هو مدخل القناة الأولى CH 1 أو Y ، و يمكن عن طريقه إدخال إشارة خارجية على لوحى الانحراف الشاقولي فى الراسم، و لهذا المرتبط قطب محوري مركزي يتصل بمرتبط الدخول الشاقولي، والآخر محيطي يتصل بهيكل الجهاز و هو بمثابة المرتبط الأرضي له.

10- مفتاح الإزاحة الأفقية :-

يساعد هذا المفتاح فى إزاحة الأثر المتشكل على شاشة الراسم إلى اليمين أو إلى اليسار، أي وفق المحور الأفقي X، وهو مشترك بين القناتين CH1 و . CH2.

11- مفتاح الحساسية الأفقية:-

و هو مدرج بتدرجات مماثلة لمفتاح الحساسية الشاقولية (7) من حيث العمل والتدريج. و يفيد فى استخدام الراسم كمقياس فولط ولا تكون القراءة صحيحة إلا إذا وضع المفتاح الدوار للمعايرة (6) فى أقصى وضع إلى اليمين باتجاه cal.

12- مرتبط الدخول الأفقى:-

و هو مماثل لمرتبط الدخول الشاقولي من . التركيب و يمكن إدخال الإشارات الخارجية على لوحى الانحراف الأفقي فى الراسم ولهذا المرتبط قطب محوري مركزي وآخر محيطي. و هو مدخل القناة الثانية CH2 أو x

13- مرتبط قذح خارجى:-

وقد كتب عليه EXT . TRIG

14- مفتاح قاعدة الزمن:

وهو مدرج بتدرجات ذات ثلاثة مجالات . يبدأ أولها $2\mu s/div$ وينتهي بالتدرجة $5\mu s/div$ وأما الثاني فيبدأ بالتدرجة $0.1ms/div$ ، وينتهي بالتدرجة $50ms/div$ ، وأما الثالث فيبدأ بالتدرجة $0.1s/div$ ، وينتهي بالتدرجة $0.5s/div$

و يفيد هذا المفتاح في اختيار سرعة حزمة الالكترونات في المنحى الأفقي على شاشة الراسم، و بالتالي يمكن استخدام الراسم كمقياس للزمن.

اذ يكفي قراءة عدد التدرجات الرئيسية و أجزائها التي تحرف حزمة الالكترونات بالاتجاه الأفقي على شاشة الراسم، وضرب ذلك بالقراءة التي يشير إليها المفتاح (14) لنحصل على زمن انتقال الالكترونات أفقياً على الشاشة.

تجدر الإشارة هنا إلى أن هذه القراءة لا تكون صحيحة إلا إذا وضع المفتاح الدوار للمعايرة

(6) في أقصى وضع له إلى اليمين باتجاه cal.

15- مفتاح مضاعف:-

وهو مفتاح ضرب معدل المسح بـ 10 وله وضعان ON يكون فيه المفتاح فعالاً وتضرب عندها قراءة مفتاح الزمن (14) بـ 10 ، و وضع آخر غير فعال وهو Off.

16- مفتاح الانتقاء:

و هو مفتاح انتقاء نظام العمل و له خمسة أوضاع هي:

CH1 : يسمح بإدخال الإشارة إلى القناة الأولى.

CH2 : يسمح بإدخال الإشارة إلى القناة الثانية.

ALT: يعرض الإشارتين المطبقتين على القناتين بالتناوب بمعدل يرتبط بوضع مفتاح قاعدة

الزمن (14).

CHOP - يعرض الإشارتين المطبقتين على القنوات بالتناوب بمعدل ثابت يرتبط بوضع مفتاح قاعدة الزمن (14).

ADD: يجمع الإشارتين المطبقتين على الفنانين.

17- مفتاح نخب الإشارة الأفقية:

و هو المفتاح الذي كتب عليه من أعلاه (x-y) و له وضعان OFF/ ON .

ففي الوضع الأول off تطبق على لوجي الانحراف الأفقي في الراسم إشارة داخلية تجعل حزمة الالكترونات تمشح الشاشة من اليسار إلى اليمين ثم تعود بسرعة إلى اليسار و تكرر العمل باستمرار وبسرعة تتعلق بوضع مفتاح قاعدة الزمن (14) ، و يمكن مراقبة ذلك بسهولة إذا وضع مفتاح الزمن على وضع 0.5 s/div . حيث تكون الحركة بطيئة .

أما الوضع الثاني ON فيسمح بتطبيق إشارة خارجية على لوجي الانحراف الأفقي أي عن طريق مدخل القناة الثانية CH2 أو x أي المدخل رقم (12) .

ثمة مفتاح (17)، هو عاكس للإشارة و خاص بالقناة الثانية CH2.

18- مفتاح التوافق:- يساعد هذا المفتاح في تحقيق التوافق بين الإشارة الخارجية المطبقة على المحور Y والإشارة الداخلية المطبقة على المحور X التي تحرف الحزمة الالكترونية أفقياً و لهذا المفتاح عدة أوضاع أهمها:

الوضع auto الذي يحقق التوافق بشكل آلي.

19- مفتاح التثبيت:

و هو مفتاح له عدة أوضاع أهمها وضع LINE يساعد في تثبيت الشكل على شاشة الراسم.

20- مفتاح السوية:-

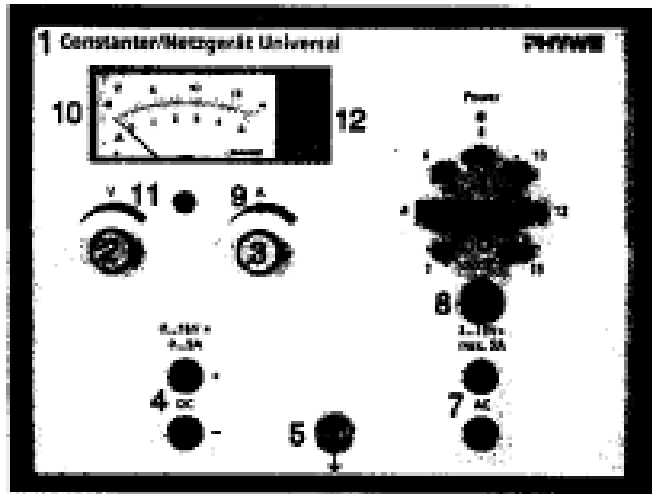
يساعد مفتاح السوية LEVEL في اختيار نقطة بدء الشكل على الشاشة.

21- مفتاح قلب الإشارة:-

و هو مفتاح قلب الإشارة على الشاشة.

وصف منبع التغذية:

يبين الشكل (4) الواجهة الأمامية لمنبع التغذية المستمر والمتناوب وفيما يلي وظائف أجزائه:



الشكل (4): واجهة منبع التغذية

- 1- مفتاح التشغيل OFF/ ON :
- يقع خلف الجهاز مهمته تشغيل الجهاز، ويوجد من الأمام مصباح L يضيء عند تشغيله.
- 2- مجزئ الجهد: وهو مفتاح دوار بواسطته نغير فرق الجهد المستمر ما بين (0-18) V.
- 3- مفتاح ضبط التيار المرغوب (0-5) A .
- 4- مربوطا خروج التيار المستمر
- 5- مربوط وصل أرضي الجهاز .
- 6- وصله مركزية لاختيار الجهد المتناوب المطلوب ويمكن تغييرها ما بين (2-15)
- 7- مربوطا خروج الجهد المتناوب .
- 8- قاطعة للحماية بشكل آلي.

- 9- مؤشر للدلالة على الوصل إلى قيمة التيار المطلوبة.
- 10- ميناء مقياس الفولط المستمر مدرجة V (0-18). و كذلك هي مقياس الأمبير المستمر مدرجة A (0-5)
- 11- مفتاح التصغير
- 12- مفتاح له وضعان وضع من أجل الجهد المستمر V ، و وضع من أجل التيار المستمر A .

4-مراحل العمل والنتائج:

أولاً- قياس القوى المحركة الكهربائية المستمرة :-

1. صل الراسم بمأخذ تيار المدينة، و اجعل مفتاح نخب الإشارة الأفقية (17) على الوضعة ON فتتفصل قاعدة الزمن عن لوحى الانحراف الأفقي .
2. شغل الراسم من مفتاح التشغيل (2) فيضيء المصباح المجاور L . انتظر قليلا حتى تظهر البقعة المضيئة على شاشة الراسم، استخدم مفتاح الإزاحة الشاقولية (5) ومفتاح الإزاحة الأفقية (10) إذا لزم الأمر لجعل البقعة في منتصف الشاشة.
3. اضبط شدة إنارة البقعة بمفتاح شدة الإنارة (3) حتى تحصل على أضعف إنارة تبقي البقعة مرئية معها.
4. استخدم مفتاح الإحكام (4) لجعل البقعة في أوضح صورها.
5. ضع مفتاح طبيعة الإشارة على الوضعة DC
6. اجعل مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضعة $0.5 V/div$ مثلاً واجعل المفتاح الدوار للمعايرة (6) على أقصى وضع له على اليمين.
7. طبق على مرتبط الدخول الشاقولي للراسم (9) فرق الجهد مستمراً من منبع التغذية المستمرة، وذلك بتحريك مفتاح ضبط الجهد المستمر. لاحظ انحراف البقعة على الشاشة وليكن y_1 تقسيمة من الشاشة قدر هذا الانحراف بالتقسيمات الصحيحة وأجزائها مستعيناً بالتدرجات الجزئية الظاهرة على محوري الشاشة.

بادل وصل مربطي منبع التغذية أحدهما بالآخر ، هل تتعكس جهة انحراف البقعة على الشاشة؟ و هل يبقى مقدار انحراف البقعة (و) عن وضعة السكون وليكن y_2 تقسيمة مساوية المقدار السابق y_1 ؟

استنتج من وسطي الانحرافين ومن قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية n القوة المحركة الكهربائية للجهد المطبق المستمر و ليكن E . قارن هذه النتيجة مع القيمة التي يشير إليها مقياس الفولط المستمر لدى وصله بمربطي منبع التغذية و ليكن $\bar{E}$ وسجل النتائج في الجدول.

8. أعد العمل نفسه بأخذ جهود متزايدة من منبع التغذية تسبب انحرافاً متزايداً على الشاشة واستخدم أوضاع أخرى لمفتاح الحساسية الشاقولية (7) إذا لزم الأمر كي تبقى البقعة مرئية بعد انحرافها على الشاشة و سجل النتائج في الجدول .
9. رتب نتائج القياس في جدول كالتالي:

الجهد من منبع التغذية V	قراءة مفتاح الحساسية n v/div	الانحراف الشاقولي (تقسيمه)			فرق الجهد $E = n\bar{y}$ V	قراءة مقياس القواط الرقمي $\bar{E}$ V	الارتياح المطلق $\Delta E = E - \bar{E} $ V	الارتياح النسبي المنوي $r \% = \frac{\Delta E}{E} \times 100\%$
		y_1	y_2	الوسطي $\bar{y}$				

10. احسب الارتياح المطلق ΔE في قياس E ، وكذلك الارتياح النسبي المنوي $r \%$.
11. أعد العمل الوارد في الفقرات السابقة مستخدماً مربطي الدخول الأفقي (12) ومفتاح الحساسية الأفقي (11) . وسجل نتائجك في جدول مناسب .

ثانياً - قياس القوى المحركة الكهربائية المتناوبة:-

- 1- ضع مفتاح طبيعة الإشارة (8) على الوضعة AC ، ويصبح الراسم جاهزا للاستقبال الجهد المتناوب على مربطي الانحراف الشاقولي (9) .
- 2- اجعل مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضع $\frac{V}{div} 5$.
- 3- طبق على مربط الدخول الشاقولي للرسم (9) جهد متناوبا من منبع التغذية المتناوبة، بعد جعل ناخب الجهد على الوضع $2 V$ ، لاحظ تشكل خط شاقولي على شاشة الراسم. فسر سبب ظهور هذا الخط ؟ بادل وصل السلكين الواصلين من منبع التغذية المتناوبة بمربطي الدخول الشاقولي للرسم أحدهما بالآخر، هل ترى تغيراً في شكل الخط الناتج ؟
- 4- قس عدد التقسيمات التي يغطيها الخط و ليكن y ، واستخدم قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية (n) لحساب ما يمثله هذا الخط من فرق جهد كهربائي، وذلك بضرب طول الخط (Y) بقراءة Y مفتاح الحساسية الشاقولية (n) يمثل هذا العدد الناتج ضعفي فرق الجهد الأعظمي v_0 للجهد الناتج من منبع التغذية المتناوبة .
- 5- قم بمقياس الفولط المتناوب الرقمي فرق الجهد بين مربطي خروج الجهد من منبع التغذية، يمثل هذا القياس فرق الجهد المنتج الذي يرمز له بـ V_{eff}
- 6- قارن فرق الجهد المنتج V_{eff} بفرق الجهد الأعظمي v_0 الذي وجدته في الفقرة السابقة (4) .

تحقق من أن :

$$V_{eff} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

- 7- أعد التجربة من أجل قيم أخرى للجهد المتناوب بحسب الجدول.

8- رتب نتائج القياس في جدول كالتالي:

الترتيب النسبي المئوي $r\%$	الترتيب المطلق Δv_0	الجهد الاعظمي $v_0 = v_{eff} \sqrt{2}$	قراءة مقياس الفولط الرقمي v_{eff}	الجهد $v_0 = n \frac{y}{2}$ V	طول الخط على الشاشة Y v/div	قراءة مفتاح الحساسية n v/div	الجهد مع منبع التغذية v
							2
							4
							6
							8
							10

9- احسب الارتفاع المطلق ΔV_0 في قياس V_0 وكذلك الارتفاع النسب المئوي .

10- أعد مراحل العمل الواردة في الفقرات السابقة مستخدماً مربطي الدخول الأفقي للرسم (12)، بعد أن تجعل مفتاح الحساسية الأفقياً على الوضع ، $5/\text{div}$ فتجد خطأ أفقياً، أحسب من طوله وقراءة المفتاح (11) التوتر الكهربائي الأعظمي و المنتج، هل يحصل أي تغيير إذا بادلت وصل السلكين الواصلين إلى مربطي الدخول الأفقي للرسم، سجل نتائج القياس في جدول مماثل

ثالثاً- قياس الزمن:

1) اجعل مفتاح نخب الإشارة الأفقية (17) على الوضعية (x-y) . وأدر مفتاح قاعدة الزمن (14) إلى الوضع 0.5 s/div فترى بقعة الالكترونات تنطلق من أقصى يسار الشاشة إلى أقصى اليمين بسرعة منتظمة ثم تعود فجأة لتظهر من جديد من أقصى اليسار. تستغرق البقعة في هذه الحالة زمناً مقداره 0.5 كي تقطع مسافة التقسيمة الواحدة الأفقية على الشاشة.

2) أدر مفتاح قاعدة الزمن (14) إلى الوضعيات المجاورة بالتتالي و راقب في كل مرة ازدياد سرعة حركة بقعة الالكترونات على الشاشة فسر سبب ظهور خط على الشاشة عندما يصبح مفتاح قاعدة الزمن (14) على الوضع 2ms/div

3) ضع مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضع 5v/div ثم طبق على مرتبط الدخول الشاقولي (9) جهود متناوب من منبع التغذية بعد أن تجعل مفتاح طبيعة الإشارة (8) على الوضع AC وضع مفتاح قاعدة الزمن (14) على الوضع 2ms/div ، لاحظ ظهور منحنى جيبي وحيد يغطي كامل الشاشة.

4- قص عدد التقسيمات الأفقية x التي يغطيها دور كامل من المنحنى الجيبي. احسب من ضرب هذا العدد x بقراءة مفتاح قاعدة الزمن t ، يمثل هذا الضرب x.t ذبذبة التيار المتناوب T مقدر بالمللي ثانية وإذا قدرنا الدور بالثانية يكون لدينا:

$$T = \frac{x \cdot t}{1000}$$

5- استنتج تردد التيار المتناوب f من العلاقة

$$f = \frac{1}{T}$$

محسوبة بالهرتز ، و تحقق أنه قريبا من 50 هرتز .

6- اجعل مفتاح قاعدة الزمن (14) على الوضع 5 ms/div احسب دور التيار المتناوب T و تردده f من معرفة زمن دورين كاملين بالطريقة السابقة ذاتها.

7- ثم اجعل مفتاح قاعدة الزمن (14) على الوضع 10 ms/div واحسب دور التيار المتناوب T و تردده ؟ من معرفة زمن خمسة أدوار كاملة

و إذا رمزنا إلى عدد الأدوار n الكاملة من المنحنى الجيبي على الشاشة، و x عدد التقسيمات التي يغطيها هذا العدد n من الأدوار الكاملة و دور التيار المتناوب يكون لدينا من العلاقة السابقة زمن الدور الواحد مقدرا بالثانية هو:

$$T = \frac{x \cdot t}{1000 n}$$

8 رتب نتائج القياس في الجدول كالتالي :

رقم التجربة	عدد الأدوار n	قراءة فتاح قاعدة الزمن t ms/div	عدد التقسيمات الأفقية	المقدار x.t	الدور الواحد T $= \frac{x.t}{1000 n}$	التردد $f = \frac{1}{T}$ Hz	Δf Hz
1							
2							
3							
					الوسطي		

توليد منحنيات ليساجو Lissajous Figures

1- الغاية من التجربة:

- التعرف على كيفية تشكيل منحنيات ليساجو.
- استخدام منحنيات ليساجو لمعايرة هزازة.

2- التمهيد النظري

إذا طبقت اهتزازة جيبية سعتها العظمى x وتردده f على صفيحتي الانحراف الأفقي في راسم إشارة فإنه يرتسم خط أفقي على شاشة الراسم وذلك بسبب خضوع حزمة الالكترونات إلى حقل متناوب تواتره. ويتحدد موضع البقعة الضوئية على الشاشة بدلالة الزمن وفقاً للعلاقة :

$$x = x \cdot \sin(2\pi f \cdot t) \dots \dots (1)$$

وإذا طبقت اهتزازة جيبية سعتها العظمى y وتردده f كذلك على صفيحتي الانحراف الشاقولي خضعت البقعة الضوئية على شاشة الراسم لحقل متناوب يجعل موضعها على الشاشة بدلالة الزمن يتحدد بالعلاقة :

$$y = y \cdot \sin(2\pi f \cdot t) \dots \dots (2)$$

وإذا طبقت الإشارتان معاً ارتسم على الشاشة خط مستقيم كالمبين في الشكل (1) نحصل على معادلته بحذف t

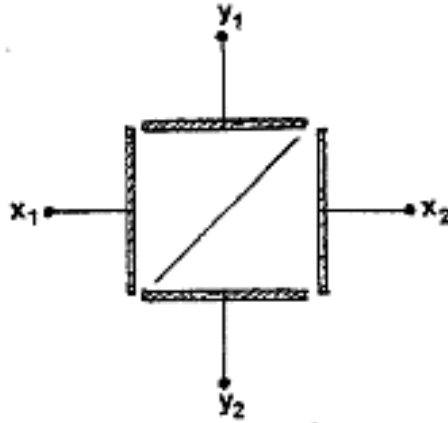
بين المعادلتين (1) و (2) و تكون معادلته هي:

$$\frac{y}{x} = \frac{y_0}{x_0}$$

أو

$$y = \left(\frac{y_0}{x_0}\right) x \dots \dots (3)$$

وتمثل y_0/x_0 ميل المستقيم المرسوم على الشاشة .



الشكل (1) : منحني ليساجو في حالة تساوي التردد

وانعدام فرق الطور بين الاشارتين اي $\varphi = 0$

واذا فرضنا ان هناك فرق طور φ بين الاشارتين بحيث تكون ومعطاة بالمعادلة :

$$y = y_0 \sin(2\pi f.t + \varphi) \dots \dots \dots (4)$$

وكانت $\varphi = \frac{\pi}{2}$ فان لا تصبح :

$$y = y_0 \sin\left(2\pi f.t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y = y_0 \cos(2\pi f.t) \dots \dots \dots (5)$$

ويمكننا حذف t و بين المعادلتين (1) و (5) بسهولة بان تكتب :

$$\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 = \cos^2 2\pi f.t$$

وبالجمع يكون

$$\left(\frac{y}{y_0}\right)^2 = \cos^2 2\pi f.t$$

$$\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{y}{y_0}\right)^2 = 1$$

وهي معادلة قطع ناقص طول احد محوريه $2x_0$ و الاخر $2y_0$ واذا كان $x_0 = y_0$

فان القطع يؤول الى دائرة

واذا بلغت φ القيمة π فان المعادلة y تصبح :

$$y = y_0 \sin(2\pi f.t + \pi)$$

$$y = y_0 \sin(2\pi f \cdot t) \dots \dots (6)$$

ويؤدي حذف بين المعادلتين (1) و (6) الى المعادلة :

$$\frac{y}{x} = -\frac{y_0}{x_0}$$

أو

$$y = -\left(\frac{y_0}{x_0}\right) x \dots \dots (7)$$

وهي معادلة مستقيم ميله سالب مناظر للمستقيم الممثل بالمعادلة (3).

وإذا تغير φ باستمرار بين القيمة صفر و 2π وإذا كانت $y_0 = x_0$ ارتسمت على شاشة الراسم منحنيات كالمبينة في الشكل (2) .

0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{7\pi}{4}$	2π
								

الشكل (2): منحنيات ليساجو في حالة تساوي التردد و السعة من أجل قيم مختلفة لفرق الطور

أما إذا كان تردد الإشارة المطبقة على المحور y مساوياً ضعف تردد الإشارة المطبقة على المحور x أي إذا كان :

$$\frac{fy}{fx} = 2 \dots \dots (8)$$

فإن لا تبلغ قيمتها العظمى مرتين في الوقت الذي تنجز فيه الإشارة على x دورة كاملة

ونحصل على شاشة الراسم على شكل كالمبين في الشكل (3) :



الشكل (3) منحنيات ليساجو في حالة تردد الإشارة الشاقولية تساوي ضعف تردد الإشارة الأفقية

و إذا كانت النسبة مساوية 3 مثلاً، أي أن تردد الإشارة المطبقة على المحور y مساوياً ثلاثة أمثال الإشارة المطبقة على المحور x يكون :

$$\frac{fy}{fx} = 3 \dots \dots \dots (9)$$

و ذلك لأن y تبلغ قيمتها العظمى ثلاث مرات في الوقت الذي تتجز فيه الإشارة على x دورة كاملة، ويظهر على شاشة الراسم عندها الشكل (4):



الشكل (4) منحنيات ليساجو في حالة تردد الإشارة الشاقولية تساوي ثلاثة أمثال تردد الإشارة الأفقية

و بصورة عامة نكتب

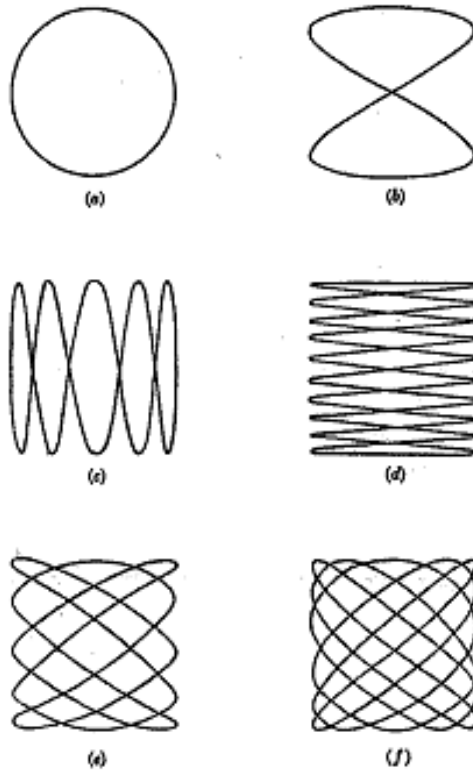
$$\frac{fy}{fx} = \frac{n_x}{n_y} \dots \dots \dots (10)$$

حيث تمثل n_x عدد نقاط تماس خط مرسوم مواز للمحور x مع المنحنيات المرسومة على الشاشة و n_y تمثل عدد نقاط تماس خط مرسوم مواز للمحور y مع المنحنيات المرسومة على الشاشة .

و نكتب المعادلة السابقة (10) بالشكل التالي:

$$fy = fx \frac{n_x}{n_y} \dots \dots (11)$$

وهي معادلة تصلح في جميع الأحوال وتفيدنا في قياس تردد اهتزازة كهربائية أو معايرتها إذا علمنا تردد اهتزازة أخرى كأن تكون الاهتزازة الأخرى هي تيار المدينة المتناوب ذو تردد 50 هرتز . يبين الشكل (5) منحنيات ليساجو في ظروف مختلفة للنسبة $\frac{fy}{fx}$



الشكل (5) : نماذج من منحنيات ليساجو

وهي كما يلي:

$$a = \frac{fy}{fx} = \frac{1}{1}, b = \frac{fy}{fx} = \frac{1}{2}, c = \frac{fy}{fx} = \frac{5}{1}, d = \frac{fy}{fx} = \frac{1}{10}, e = \frac{fy}{fx} = \frac{3}{5}, f = \frac{fy}{fx} = \frac{5}{6}$$

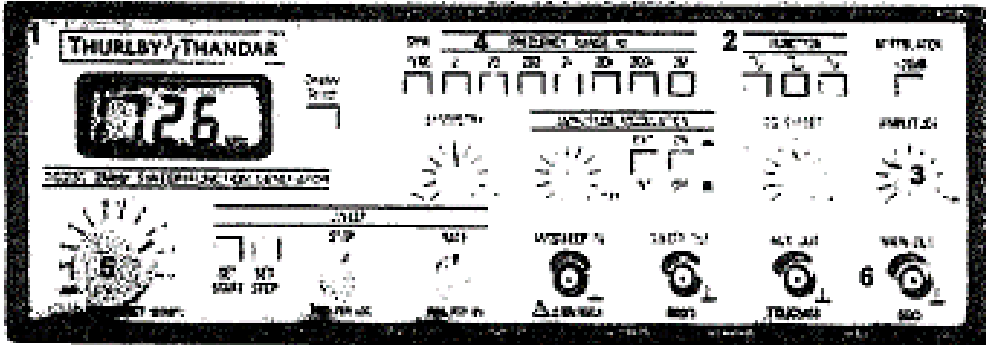
3- الأجهزة والأدوات المستخدمة

هزازة كهربائية من طراز TG230 من صنع شركة TTI راسم الإهتزاز المهبطي، محولة خافضة للجهد،

أسلاك توصيل.

وصف الهزازة الكهربائية :-

يبين الشكل (6) الواجهة الأمامية للهزازة الكهربائية وفيما يلي شرح لأهم الأجزاء فيها :



الشكل (6): واجهة الهزازة الكهربائية

- (1) زر التشغيل: ويقع خلف جهاز الهزازة .
- (2) أزرار تحديد نوع الاهتزاز: وقد كتب في أعلاها كلمة Function ، وقد رسم تجاه كل زر شكل الاهتزاز الناتج عند ضغطه و هي اهتزازات ، جيبية، تربيعية ، مثلثية

(3) **مفتاح سعة الاهتزاز:** وقد كتب عليه Amplitude وهو يسمح بتغيير سعة الاهتزاز بين الصفر و 10 فولت

(4) **أزرار التردد : Frequency Range:** وتفيد في تحديد قيمة التردد الصادر عن الهزازة بدءاً من 2Hz وحتى 2MHz، و تظهر قيمة التواتر المأخوذ من الهزازة على الشاشة رقمياً.

(5) **مفتاح التردد :** وهو مفتاح دوار يساعد في تغيير التردد بين قيمته الدنيا وقيمه العليا لكل حالة من أزرار التردد (4)

(6) **مخرج الهزازة:** وقد كتب تجاهه Main out

4- طريقة العمل و النتائج :

(1) شغل راسم الاهتزاز المهبطي، وانتظر قليلاً وراقب ظهور بقعة ضوئية على شاشة الراسم.

استعن بمفتاح شدة الإنارة (**Intensity**) لضبط شدة إنارة البقعة، استخدم مفتاحي الإزاحة الأفقية والإزاحة الشاقولية لجعل البقعة الضوئية في مركز الشاشة . استخدم مفتاح الأحكام (**Focus**) لضبط البقعة حتى تصبح بوضوح تام وصغيرة بقدر الإمكان

(2) صل مخرجي المحولة الخافضة التي تعطي اهتزازاً جيبياً نفرض أن تردده f يساوي 50Hz إلى مدخل لوحى الانحراف الأفقي (12) لاحظ تشكل خط أفقي على شاشة الراسم . يمكنك تغيير طول هذا الخط بمفتاح الحساسية (11) للقناة الثانية CH2 الذي يوضع على الوضع 0.5 v/div

(3) شغل الهزاز وصل مخرجها (6) الى مدخل لوحى الانحراف الشاقولي (9) في القناة الأولى CH1 في راسم الاشارة، وكذلك يوضع مفتاح الحساسية الشاقولي (7) على الوضع 0.5 v/div اختر من الهزازة اهتزازة جيبيهة تواترها 50Hz ، واضبط الجهد الماخوذ منها من مفتاح سعة الاهتزاز (3) حتى تحصل على خط شاقولي على شاشة الرسم

(4) لاحظ تشكل منحنيات ليساجو على النحو المبين في الشكل (2) عند تطبيق المرحلتين 2,3

معا على الراسم . كيف تفسر تغير الشكل الظاهر على الشاشة ؟

(5) غير التردد المأخوذ من الهزازة الى قيم حول القراءات $\hat{f}_y =$

$$500Hz, 250, 200, f_y = 100 Hz$$

لاحظ هذه المرة هل يتفق ما تلاحظه مع الشكلين (3) و (4) من اجل التردد 150

$$Hz, 100 Hz$$

(6) اجعل التردد القراءات $\hat{f}_y = 25 Hz$ وارسم الشكل الناتج على الشاشة في دفترك

(7) رتب نتائج القياس في الجدول التالي :

رقم التجربة	n_x	n_y	$\frac{n_x}{n_y}$	$f_y = 50 \frac{n_x}{n_y}$	$\hat{f}_y$	$\Delta f_y = f_y - \hat{f}_y $	$r\% = \frac{\Delta f_y}{f_y} \times 100\%$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

8. ارسم على ورقة مليمتريه الخط البياني لقراءات الهزازة بدلالة القيم المحسوبة من العلاقة

(11) حيث f_x تساوي 50 Hz وهو تردد تيار المدينة ، ان هذا المنحني هو منحني معايرة الهزازة

9. احسب الارتياح المطلق في التردد الذي تشير اليه الهزاة Δf_y وهو من مرتبة الفروق

$$|f_y - \hat{f}_y| , \text{ وكذلك الارتياح النسبي المنوي في هذا التردد اي } r\% = \frac{\Delta f_y}{f_y} \times 100\%$$
$$\text{مرتبة الفروق النسبية المنوية } \frac{f_y - \hat{f}_y}{f_y} \times 100\%$$

10. حقق تجريبياً الاشكال الأخرى الظاهرة في الشكل (5) واوجد باستخدام العلاقة (11)

شروط تشكيلها مع ملاحظة ان $f_x = 50 \text{ Hz}$ دوما ، حاول تشكيلها على شاشة الراسم ، سجل النتائج الخاصة بهذه الأشكال . اي سجل قيم f_x, f_y, n_x, n_y

11. ضع زر نوع الاهتزاز (2) على وضع الاهتزاز التربيعي، ولاحظ شكل المنحني على

شاشة الراسم عندما يكون الاهتزاز المأخوذ من الهزاة مساويا 50 Hz ، هل تجد قطعاً ناقصاً من جديد ؟ فسر ما تجده.

الملاحق

ملحق B

دراسة خواص ومميزات دوائر

RC, RL ,RCL

((دراسة خواص ومميزات دوائر RC RL RCL)) عند تغذيتها من منبع تيار مستمر

الغاية من التجربة :-

بناء شبكات رباعية الأقطاب مكونة من (مقاومة و مكثفة، مقاومة و ملف الحث ، مقاومة ومكثفة وملف) ثم قياس مميزاتها بدلالة التردد لدى تطبيق موجة توتر مستطيلة

تمهيد نظري :

إذا جرى تيار متغير $i(t)$ في عناصر خطية كالمقاومات والمكثفات والملفات فإن العلاقة التي تربط بين هذا التيار والجهد المتشكل بين كل عنصر منها تعطي بالشكل التالي :

بالنسبة للمقاومة

$$V_R(t) = Ri(t) \dots \dots \dots (1)$$

بالنسبة للمكثفة

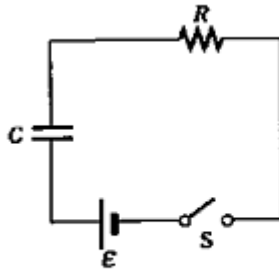
$$V_C(t) = \frac{q(t)}{c} = \frac{1}{c} \int i(t) dt \dots \dots (2)$$

بالنسبة لملف الحث

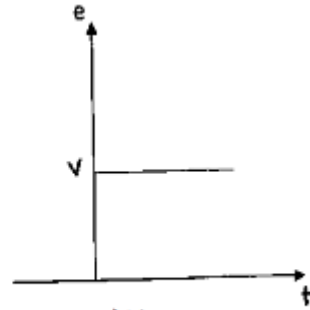
$$V_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

أولاً: الدائرة RC :

لتكن الدائرة المبينة في الشكل (1) والمكونة من C و R موصولة على التسلسل مع منبع التغذية ، ولنفرض أن المنبع يعطي إشارة على شكل نبضات مستطيلة وذات سعة ثابتة V كما في الشكل (2)



شكل (1)



شكل (2)

تشير الدراسة النظرية الى أن فرق الجهد المتشكل بين طرفي أي عنصر من الدائرة يتعلق بحالة تشغيل الدائرة .

ففي حالة الشحن : يكون لدينا في كل لحظة حسب الشكل (1) :

$$V = V_C + V_R \dots \dots \dots (4)$$

حيث V مقدار ثابت حسب الشكل (2) المعادلة (4) يمكن كتابتها بالشكل :

$$V = \frac{1}{C} \int i dt + Ri$$

وباشتقاق هذه المعادلة تحصل على :

$$\frac{i}{C} + R \frac{di}{dt} = 0$$

وبعد فصل ترتيب المتغيرات وإجراء التكامل يكون لدينا :

$$i = \frac{V}{R} e^{-t/\tau} \dots \dots \dots (5)$$

حيث $\tau = RC$ وتدعى بالثابت الزمني للدائرة . وبالعودة إلى العلاقة (4) يكون :

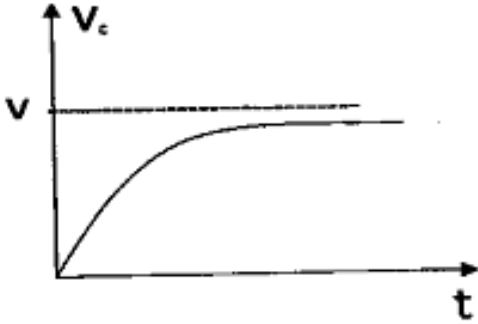
$$V = V_C + V_{e^{-t/\tau}}$$

$$V_C = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \dots \dots (6)$$

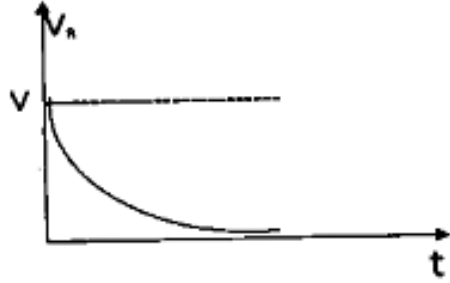
أما فرق الجهد على طرفي المقاومة :

$$V_R = Ri(t) = V e^{-t/\tau} \dots \dots (7)$$

يبين الشكل (3) المنحنيين الممثلين لكل من $V_R(t)$ و $V_C(t)$



شكل (3) b في حالة شحن



شكل (3) a في حالة تفريغ

أما في حالة التفريغ: يكون لدينا :

$$V_C(t) = V e^{-t/\tau} \dots \dots (8)$$

$$V_R(t) = V(1 - e^{-t/\tau}) \dots \dots (9)$$

يمكن عد الموجه المستطيلة Π عملينا شحن وتفريغ .

ثانياً حالة دائرة RL: في الدائرة الموصلة على التوالي الشكل (4) يكون :

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V \dots \dots (10)$$

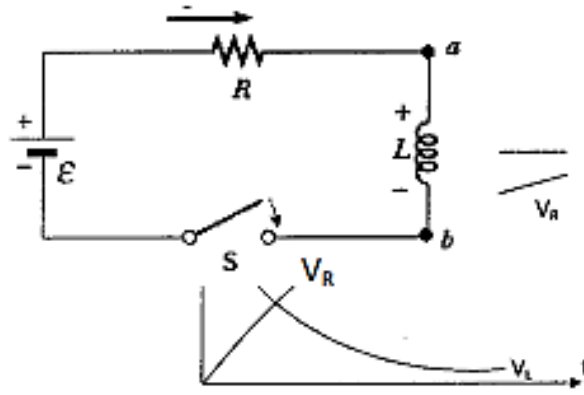
تدل الدراسة النظرية أن فرق الجهد V_L و V_R يعطيان بعد اجراء تكامل العلاقة (10) وترتيبها

كما بالعلاقتين التاليتين:

$$V_R(t) = V(1 - e^{-t/\tau}) \dots \dots (11)$$

$$V_L(t) = L \frac{di}{dt} = \frac{L}{R} \cdot \frac{dV_R}{dt} = V e^{-t/\tau} \dots \dots (12)$$

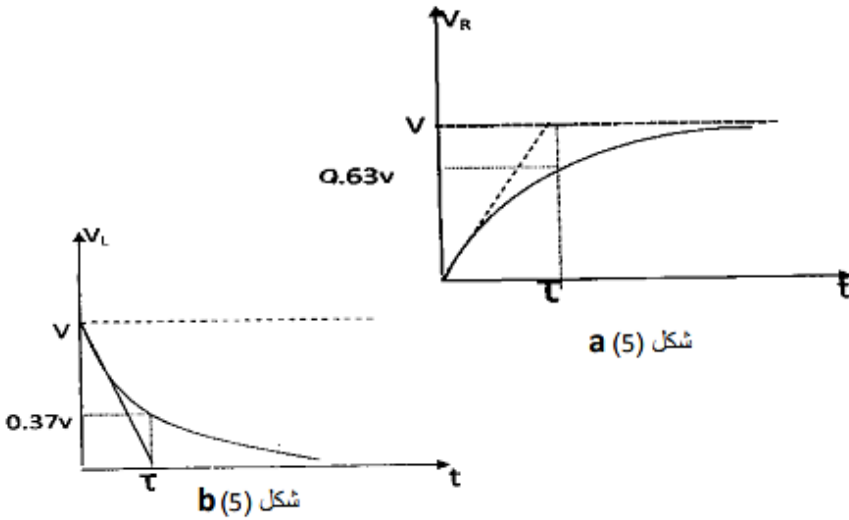
حيث $\tau = L/R$ تدعى بالثابتة الزمنية للدائرة . ويمثل الشكل (4) تغيرات كل V_R و V_L مع الزمن.



شكل (4)

وتعين الثابت الزمني τ تجريبيا من التمثيل البياني لكل من $V_L(t)$ و $V_R(t)$ ،

فإذا عوضنا في العلاقتين (11) و (12) يكون $V_R = 0.63 V$ و $V_L = 0.37 V$ على الترتيب وعلى الأساس يمكن الحصول من المنحنيات التجريبية على قيمة (انظر الشكل 5 a و b) .



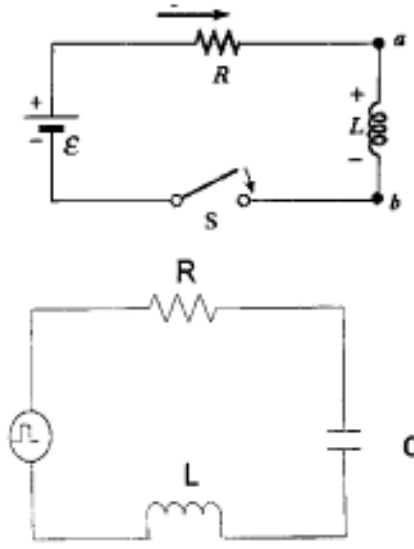
شكل (5) a

شكل (5) b

ثالثا : حالة الدائرة RCL : المربوطة على التوالي

بفرض أن الإشارة المطبقة على الدائرة المبينة في الشكل (6) على شكل نبضات مستطيلة وذات سعة ثابتة V

كما في الشكل (2)



شكل (6)

تشير الدراسة النظرية أن الدائرة تخضع لإحدى الأنظمة التالية وذلك تبعا لإشارة المقدار :

$$\Delta = R^2 - \frac{4L}{C}$$

حيث Δ هو المميز في حل مشتق المعادلة التالية :

$$V = \frac{1}{C} \int i dt + Ri + L \frac{di}{dt}$$

الذي يكتب بالشكل :

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} = R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

أو بالشكل :

$$\frac{L}{R} \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{di}{dt} + \frac{i}{RC} = 0 \dots \dots (13)$$

المعادلة (13) هي عبارة عن معادلة تفاضلية نفرض أن حلها من الشكل :

$$i = i_0 e^{wt}$$

حيث w التردد الزاوي. وبعد التعويض في العلاقة (13) نحصل على :

$$L\omega^2 + R\omega + \frac{1}{C} = 0 \dots \dots (14)$$

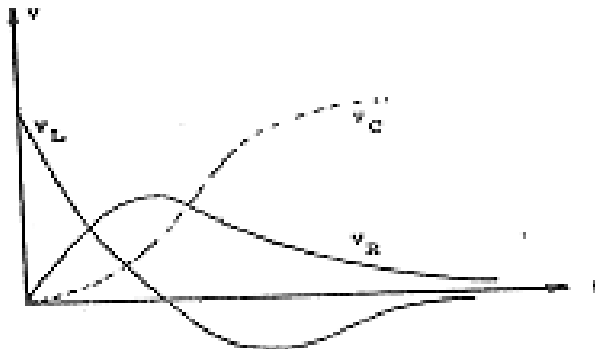
وهي معادلة من الدرجة الثانية بالنسبة للمجهول W ومميز هذه المعادلة هو :

$$\Delta = R^2 - \frac{4L}{C} \dots \dots (15)$$

و حسب قيمة المميز Δ يكون لدينا الأنظمة التالية :

1- النظام المتخامد اللادوري : في هذا النظام $\Delta = 0$ ويوضح الشكل (7) تغير الجهد مع

الزمن V_R, V_L, V_C .



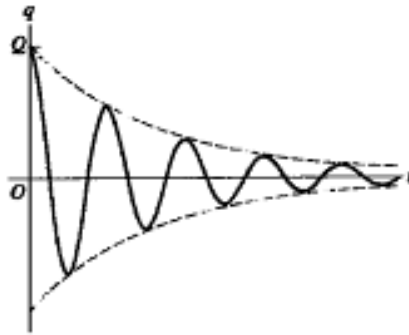
شكل (7)

2- النظام المهتز المتخامد : في هذا النظام يكون $\Delta < 0$ ويعطي فرق الجهد بين طرفي المكثفة بالعلاقة :

$$V_C(t) = \left[1 - \left(\cos \omega t + \frac{\sin \omega t}{T_1 \omega} \right) \right] e^{-t/\tau_1} \dots \dots (19)$$

$$\omega = \frac{1}{2L} \left(4 \frac{L}{C} - R^2 \right)^{1/2}, \tau_1 = \frac{2L}{R} \quad \text{حيث}$$

إن $V_C(t)$ هي موجة جيبيية متخامدة بتردد ثابت بسعة متناقصة أسيا الشكل (8) حيث تعين كل من ω, τ_1 و تجريبيا على المنحني ومن ثم استنتاج كل من R, C, L



الشكل (8)

3- النظام الحرج : في هذا النظام يكون $\Delta = 0$ ويمكن دراسة تحولات $V_R(t), V_L(t), V_C(t)$ معرفة اشكالها

أولاً : الدراسة التحريبية لدائرة RC:

الأدوات والأجهزة المستخدمة :-

1. لوحة وضع عليها مقاومة ($50 K\Omega$) ومكثفة سعتها ($220 \mu F$) مع قاطعة ثلاثية لدراسة الدائرة RC أثناء التغذية من منبع مستمر

2. كما توجد على اللوحة مقاومة ($2.2 K\Omega$) ومكثفة سعتها ($0.06 \mu F$) الدراسة الدائرة RC أثناء التغذية بمنبع يعطي نبضات مستطيلة.
3. مولد إشارة
4. وحدة تغذية تعطي فرق جهد ثابت ($1.5 A, 5V$)
5. راسم اهتزاز مهبطي
6. مقياس متعدد الأغراض
7. ساعة توقيت
8. مقابس ملائمة للرسم و المولد - أسلاك توصيل

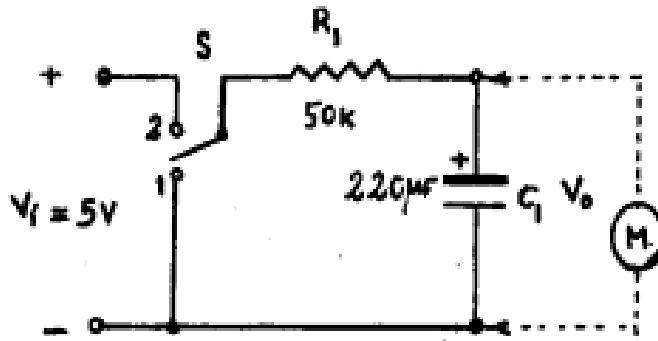
ولا بد من الإشارة قبل البدء بالعمل إلى الملاحظات التالية :-

ضرورة استخدام راسم الاهتزاز المهبطي (Cope) 05105 في كل القياسات المطلوبة عند القيام بنقل أثار المنحنيات V_R, V_L, V_C المرتسمة على شاشة راسم الاهتزاز إلى ورقة ملمتريّة جعل راسم الاهتزاز المهبطي على الوضع DC اثناء العمل مع ربط أرض راسم الاهتزاز بأرضي المنبع المولد للإشارة الأخذ بعين الاعتبار المقاومة الداخلية لمولد الإشارة والتي تساوي 600Ω عند إجراء الحسابات الضرورية .

تغذية دائرة RC من منبع ذي جهد مستمر :

أ- شحن المكثفة من خلال مقاومة :

1. استخدم اللوحة الخاصة بالتجربة للدائرة المبينة في الشكل (9)
2. صل بين طرفي المكثفة فولتметр ذو مقاومة عالية . إن المفتاح S ينبغي أن تكون في الوضع (1) الذي يظهر على الشكل وذلك قبل بدء التجربة.
3. انقل المفتاح S في لحظة البدء إلى الوضع الآخر (2) فتبدأ عملية شحن المكثفة . إن عملية الشحن تكون بطيئة من أجل القيم المختارة لكل من المقاومة و المكثفة بحيث تستطيع اخذ قراءات في الأزمنة المبينة في الجدول (1)



الشكل (9)

الشكل (9) يمثل الدائرة المستخدمة في شحن وتفريغ مكثفة خلال مقاومة من مصدر تيار مستمر D.C.

الجدول (1) يمثل علاقة V_C بدلالة الزمن (أثناء الشحن)

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	70
$V_C(v)$												

4- راقب الفولتمتر بدءاً من لحظة غلق الدائرة إلى الوضع الآخر وسجل قراءات الفولتمتر V_C بين طرفي المكثفة التي يشير إليها عند كل زمن مسجل في الجدول (1)

5- استخدم معطيات الجدول (1) لنقلها على ورقة رسم بياني لبيان علاقة V_C بدلالة زمن الشحن t على ورقة ملمتيرية

ب- تفريغ المكثفة المشحونة خلال مقاومة :-

- 1- استخدم الدائرة نفسها المبينة في الشكل (9)
- 2- ضع المفتاح S في الوضع (2) الذي يسمح بوصل المقاومة R إلى منبع التغذية المستمرة من أجل عملية الشحن، وانتظر عدة دقائق قبل نقلها إلى الوضع (1) ، حيث تبدأ عملية التفريغ.

3- أنقل المفتاح S إلى الوضع (1) ، وسجل قراءات الفولتمتر V_C عند الأزمنة المبينة في الجدول (2)

4- استخدم معطيات الجدول (2) لنقلها على ورقة رسم بياني لبيان تغيرات V_C بدلالة زمن التفريغ t على ورقة ميليمترية ، أو على الورقة الميليمترية التي رسمت عليها منحنى الشحن وبذلك يمكن رؤية المنحنيين معاً.

5- احسب الثابت الزمني للدائرة RC من الشكل (9) وفق العلاقة $\tau = RC$
الجدول (2) يمثل علاقة V_C بدلالة الزمن t اثناء عملية التفريغ

$t(s)$	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
$V_C(V)$											

6. احسب الثابت الزمني τ تجريبياً وذلك بالرجوع إلى الأشكال البيانية وفق (5) انظر العلاقة (4) متبعا ما يلي:

- حدد على المنحني قيمة فرق الجهد الذي تصل إليه المكثفة بعد انقضاء ثابتة زمنية واحدة $(t = \tau_1)$ اثناء صعود المنحني وهو يعادل 0.63 من قيمة V_{max} (اثناء الشحن) .

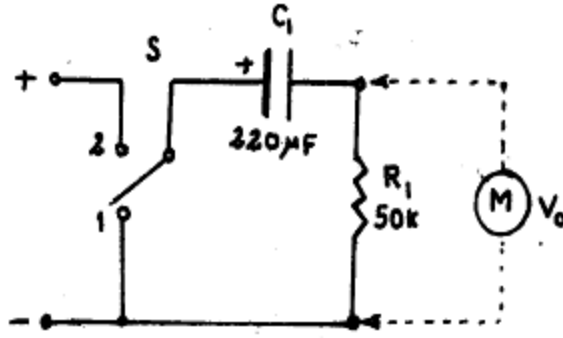
- استنتج قيمة الزمن : المقابل لتلك القيمة . اكتب النتيجة على الشكل :

$$\tau_1 = \dots\dots\dots S \quad \text{تجريبياً}$$

وهل يوجد اختلاف بين القيمة المحسوبة لـ τ ، والقيمة المقاسة τ_1 ؟

ج - تيار الشحن و تيار التفريغ للمكثفة في الدائرة RC

- صل الدارة كما في الشكل (10) مع تبديل موقعي المقاومة و المكثفة



الشكل (10)

يستدل على تيار الشحن و تيار التفريغ بقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومة في الدائرة أثناء عمليتي الشحن والتفريغ، من أجل ذلك اتبع ما يلي :

1 - أدخل المكثفة في البدء إلى دائرة تيار مستمر بوضع القاطعة على الوضع 2 ثم ابدأ بقياس فرق بين طرفي المقاومة عند كل زمن مسجل في الجدول (3).

2- تعاد القاطعة الى الوضعية (1) بعد مضي 75 ثانية ويعاد اخذ قراءات جهد V_R بين طرفي المقاومة في هذه الحالة، لاحظ ان تيار التفريغ يعاكس تيار الشحن في الجهة لذا يجب عكس مربطي مقياس الفولط بعد انتهاء مرحلة الشحن وقبل نقل القاطعة الى الوضع (1)

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75
$V_R(V)$													
$\vec{V}_R(V)$													

الجدول (3) قيم الجهود المقاسة بين طرفي المقاومة عند الشحن V_R وعند التفريغ $\vec{V}_R$

3- استخدم معطيات الجدول (3) لإنشاء تمثيل بياني لتحويلات كل من جهد التفريغ $\vec{V}_R$ وجهد الشحن V_R بدلالة الزمن على ورقة مليمتريّة

4- ما قيمة الجهد الاعظم V_{OP-P} اثناء الشحن و التفريغ ؟

الملاحق

ملحق C

الجداول

الجدول

النظام العالمي للوحدات SI و international system of units تستخدم ثلاث أنظمة القياس / لقياس الكميات الفيزيائية المختلفة هي : النظام العالمي للوحدات والنظام الجاوس والنظام الإنجليزي ، كما موضح في الجدول الآتي :

جدول (1) النظام العالمي للوحدات SI

النظام الإنجليزي	النظام الجاوسي	النظام العالمي	الكمية الفيزيائية الأساسية
ft.lb.s	c.g.s	m.k.s	
القدم ft	السنتيمتر cm	المتر m	الطول
الرطل I6	الجرام gm	الكيلو جرام kg	الكتلة
الثانية s	الثانية s	الثانية s	الزمن

يعتبر النظام العالمي للوحدات SI أحدثهم وأكثرهم شيوعاً في هذا النظام سبع وحدات أساسية كما موضح في الجدول الآتي :

رمز الوحدة	الوحدة	الكمية الفيزيائية
m	متر	الطول
Kg	كيلوجرام	الزمن
S	ثانية	الكتلة
A	الأمبير	شدة التيار
K	كلفن	درجة الحرارة
mol	مول	كمية المادة
cd	الشمعة	شدة الإضاءة

وفيما يأتي تعريف الوحدات الأساسية في النظام SI

المتر : هو طول المسار الذي يقطعه الضوء في الفراغ في زمن قدره (299 792 458 / 1) من الثانية .

الكيلو جرام : كتلة أسطوانة مصنوعة من سبيكة من البلاتين والأيريديوم قطرها 3.9 سم وارتفاعها 3.9 سم .

الثانية : هو زمن 770 ، 192،631 ، 9 اهتزازة لإشعاع معين ينبعث من ذرة السيزيوم - 137

الأمبير : هو مقدار التيار الذي إذا مر في سلكين متوازيين لانتهائين المسافة بينهما 1 متر سيظهر بينهما قوة مقدارها $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$ لكل متر

كلفن : هو المقدار (1/237.15) من درجة حرارة الماء عند النقطة الثلاثية triple point للماء .

المول : هو كمية المادة التي يحتويها النظام والتي عدد وحداتها يساوي عدد الذرات التي يحتويها 0.012 كغم من عنصر كربون 12.

الشمعة : تمثل شدة الإضاءة العمودية المنبعثة من سطح اسود مساحته $(1/600.000 \text{ m}^2)$ عند درجة حرارة تجمد البلاتين عند ضغط 101.325 باسكال .

وهناك وحدات أخرى مشتقة من هذه الوحدات الأساسية وكما في الجدول الآتي :

جدول (2) الوحدات الأساسية

الكمية الفيزيائية	الوحدة	رمز الوحدة
السرعة	متر / ثانية	$V=ms^{-1}$
العجلة	متر (ثانية) ²	$a =ms^{-2}$
القوة	نيوتن	$N= kg.m^{-3}$
الكثافة	كجم/(متر) ³	$kg.m^{-3}$
الطاقة	جول	$J=N.m$
القدرة	وات	$P=js^{-1}$
التردد	هيرتز	$Hz= s^{-1}$
التيار الكهربى	امبير	$A=q.s^{-1}$
فرق الجهد الكهربى	فولت	$V=w.q^{-1}$ -الشغل W - الشحنة الكهربائية q
المقاومة الكهربائية	اوم	$\Omega= v . A^{-1}$
السعة الكهربائية	فاراد	$F= A. s. v^{-1}$
الفيض المغناطيسى	ويبر	$Wb = v.s$
الحث المغناطيسى	هنري	$H = VA^{-1}$
الضغط	باسكال	$Pa = N.m^{-2}$
الحرارة النوعية	جول /كجم كلفن	$C=j.kg^{-1}.k^{-1}$
التوصيلة	وات/متر كلفن	$K=w.m^{-1}.k^{-1}$

جدول (3) بعض الثوابت الفيزيائية الأساسية

الثابت	الرمز	مقدارها
شحنة الإلكترون	E	$1.6021 \times 10^{-19} C$
ثابت بلانك	H	$6.6256 \times 10^{-34} J.s$
	$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	$1.0545 \times 10^{-34} J.s$
كتلة السكون للإلكترون	m_e	$9.1091 \times 10^{-34} Kg$
كتلة السكون للبروتون	m_p	$1.6725 \times 10^{-27} kg$
كتلة السكون للنيوترون	m_n	$1.6748 \times 10^{-27} kg$
الشحنة النوعية للإلكترون	$\frac{e}{m_e}$	$1.7588 \times 10^{11} \frac{C}{kg}$
عدة افوجادرو	N_A	$6.0225 \times 10^{23} mole^{-1}$
ثابت بولتزمان	K_B	$1.3805 \times 10^{-23} j.k$
سرعة الضوء	C	$2.9979 \times 10^8 m/s$
ثابت ريد برك الهيدروجين	R_H	$1.096775 \times 10^7 m^{-1}$
ثابت التركيب الدقيق	A	7.2972×10^{-3}
نصف قطر بور	A_0	$5.2918 \times 10^{-11} m$
ثابت النفاذية للفراغ	μ_0	$4\pi \times 10^{-7} N/A^2$
ثابت السماحية للفراغ	ϵ_0	$8.854 \times 10^{-12} F/m$
ثابت ستيفان بولتزمان	σ	$5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$
الالكترون فولت	eV	$1.602 \times 10^{-19} J$

جدول قيم حقيقية لمعاملات المرونة لبعض المواد

Substance	معامل ينج (N/m2)	معامل القص (N/m2)	معامل المرونة الحجمية (N/m)	
Tungsten	35×100	14×100	20×1010	تنجستين
Steel	20×101	8.4×100	6x100	صلب
Copper	11×10	4.2×100	14x10	نحاس
Brass	9.1×10	3.5x10	6.1×10	نحاس اصفر
Aluminum	7.0×10	2.5×10	7.0x10	المونيوم
Glass	6.5-7.8×10	2.6-3.2×10	5.0-5.5×10	زجاج
Quartz	5.6×10	2.6×10	2.7x10	كوارتز
Water	-	-	0.21×10	ماء
Mercury	-	-	2.8×10	زئبق

جدول (4 ا) بعض التكاملات المفيدة لدالة توزيع جاوس

$$\int_{-x}^x e^{-x^2/2\sigma^2} dx = \sqrt{(2\pi)\sigma}$$

$$\int_{-x}^x x e^{-x^2/2\sigma^2} dx = \sigma^2$$

$$\int_{-x}^x x^2 e^{-x^2/2\sigma^2} dx = \sqrt{(2\pi)\sigma^2}$$

$$\int_{-x}^x x^4 e^{-x^2/2\sigma^2} dx = \sqrt[3]{(2\pi)\sigma^5}$$

جدول (4 ب) خاص لقيم دالة توزيع جاوس $\left[f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \right]$ ودالة تكامل توزيع جاوس

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \left(e^{-\frac{1}{2}t^2} \right) dt$$

جدول (4) توزيع جاوس

Z	$f(z)$	$\Phi(z)$	Z	$f(z)$	$\Phi(z)$
1.4	0.150	0.838	0.0	0.399	0.00
1.5	0.130	0.866	0.1	0.397	0.080
1.6	0.111	0.890	0.2	0.391	0.159
1.7	0.094	0.911	0.3	0.381	0.236
1.8	0.079	0.928	0.4	0.368	0.311
1.9	0.066	0.943	0.5	0.352	0.383
2.0	0.054	0.954	0.6	0.333	0.451
2.2	0.035	0.972	0.7	0.312	0.516
2.4	0.022	0.984	0.8	0.290	0.576
2.6	0.014	0.991	0.9	0.266	0.632
2.8	0.008	0.995	1.0	0.242	0.683
3.0	0.0044	0.9973	1.1	0.218	0.729
3.5	0.0009	0.9995	1.2	0.194	0.770
4.0	0.0001	0.99994	1.3	0.171	0.806

جدول (5 a) دالة الشغل work function لبعض المعادن

$\phi(eV)$	المعدن
4.5	Tungsten تجنستن W
4.2	Tantalum تانتالم Ta
4.6	Nikel نيكل Ni
4.8	Silver فضة Ag
1.8	Cesium سيزيوم Cs
5.3	Platinum بلاتينيوم Pt
4.3	Aluminum الالومنيوم Ai
4.7	Copper نحاس Cu
5.1	Gold ذهب Au
4.8	Silion سليكون Si

جدول (65) الموصلية الحرارية لبعض المواد الصلبة رديئة التوصيل

المادة	$k(W/m.K)$
ابونيت	0.18 -0.17
زجاج	0.8
خرسانة	0.8
خشب	0.12-0.04
طوب احمر	0.6
الاليف الزجاجية	0.04
فلين	0.04
ستايروفوم Styrofoam	0.01
لباد	0.04
صوف صخري rock wod	0.04

جدول (6) التأثيرية المغناطيسية للمواد البارامغناطيسية والدايا مغناطيسية عند درجة حرارة

المادة	نوعية المادة	10^{-5}
الألمنيوم	بارا مغناطيسية	2.2
صوديوم	بارا مغناطيسية	0.72
بلاتينيوم	بارا مغناطيسية	26
يورانيوم	بارا مغناطيسية	40
الماء	بارا مغناطيسية	-1.2
الرصاص	الدايا مغناطيسية	-1.8
الكربون	الدايا مغناطيسية	-2.1
كلوريد الصوديوم	الدايا مغناطيسية	-1.4
النحاس	الدايا مغناطيسية	-1.0
الزئبق	الدايا مغناطيسية	-2.9
البزمت	الدايا مغناطيسية	-16.6
الفضة Bismuth	الدايا مغناطيسية	-2.6

جدول (7) الحركية لمواد شبه موصلة نقية مختلفة عند درجة حرارة الغرفة

البلورة	$\mu_e \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_p \text{ cm}^2/\text{Vs}$
C	1800	1200
Si	1300	500
Ge	4500	3500
GaAs	8800	400
GaSb	4000	1400
InAs	33000	460
Gap	110	75

جدول (8) ثابت العزل K Dielectric constant عند درجة حرارة 20°C لبعض المواد

K	المادة
1	الفراغ
1.00059	هواء (عند 1 atm)
1.0548	هواء (عند 100 atm)
3.5	الورق paper
2.1	تفلون Teflon
~16	جرمانيوم Ge
5.4	الميكس Mica
2.7	كهرمان Amber
6.5	خزف Porclian
3.8	كوراتز Quartz
2.3	البولييثيون polyethylene
10^{-5}	الزجاج Glass

جدول (9) الكتل الحجمية للأجسام الصلبة 20°C

المادة المعادن النقية	الكثافة الكتلة 10^3 Kg/m^3	المادة الخلائط المعدنية	الكثافة الكتلة 10^3 Kg/m^3
الالمنيوم	2.75	البرونز	8.8
البلاتين	21.45	الصفير	8.7
البوتاسيوم	0.86	الفولاذ	7.8
الحديد النقي	7.88	الكونستانتان	8.88
الذهب	19.3	خليطة وود	9.5
الرصاص	11.34	مواد مختلفة	
النئيق الصلب 39°C	14.19	الباعة	1.15
الفحم	2.22	شمع البارافين	0.9
الفضة	10.5	خشب السنديان	0.8 - 0.6
الكالسيوم	1.54	الزجاج	2.8 - 2.4
الماس	3.514	الجليد 0°C	0.917
النحاس	8.89	الفلين	0.26 - 0.22

جدول (10) التوتر السطحي لبعض السوائل في درجة 20°C

المادة	التوتر السطحي نيوتن / م * 10 ⁻³	المادة	التوتر السطحي نيوتن / م * 10 ⁻³
الغلسرين	64	الماء C ⁰ 0	75.6
الغول الاتيلي	22.3	الماء C ⁰ 5	74.9
الزئبق	475	الماء C ⁰ 15	73.5
زيت الزيتون	33	الماء C ⁰ 25	71.9
الايثير	16	الماء C ⁰ 50	67.9
محلول الصابون	تقريبا 25	الماء C ⁰ 100	58.5

جدول (11) معامل الانكسار لبعض المواد عند خط الصوديوم D ذي طول الموجة A5893

المادة	معامل الانكسار	المادة	معامل الانكسار
الكحول الاتيلي	1.367	الماء	1.33
رابع كلور الفحم	1.464	الماء المالح	1.34-1.38
الغلسرين	1.47	الزجاج التاجي الثقيل	1.59
الاتيلين	1.586	الزجاج التاجي الخفيف	1.578
بلسم كندا	1.53	الزجاج الفلنت الثقيل	1.646
الزجاج التاجي	1.52	الزجاج الفلنت	1.90
الكوارتز	1.46	الزجاج التاجي الخفيف	1.51

جدول (12) الحرارة النوعية لبعض المواد عند درجة حرارة 25°C وعند الضغط الجوي

الحرارة النوعية		المادة	الحرارة النوعية		المادة
مواد صلبة اخرى			المواد الجامدة الفلزية		
0.092	380	نحاس اصفر	0.215	900	الالمنيوم
0.200	837	زجاج	0.436	1830	البرليوم
0.50	3090	جليد (5 ⁰ C –)	0.055	230	كاديوم
0.21	860	رخام	0.0924	387	نحاس
0.41	1700	خشب	0.077	322	جرمانيوم
السوائل			0.0308	129	ذهب
0.58	2400	كحول ايتيلي	0.0107	448	حديد
0.033	140	زئبق	0.0305	128	رصاص
1.00	4186	ماء (15 ⁰ C –)	0.168	703	سليكون
غاز			0.056	234	فضة
0.48	2010	بخار ماء (100 ⁰ C)			

الجزء الثاني

تجارب مختبر

الالكترونيات التماثلية

التجربة (73) الاولوسيلوسكوب (The Oscilloscope)

الغرض من التجربة :

التعرف على الاولوسيلوسكوب من حيث الشكل الخارجي والتركيب الداخلي والغرض من الاستخدام وطريقة استخدامه .

مقدمة.

الاولوسيلوسكوب هو جهاز الكتروني يتكون من مجموعة من الدوائر الكهربائية التي ترتبط مع بعضها بشكل يجعل الجهاز يقوم برسم الاشارة الداخلة. وقد صمم بأسلوب يسمح للمستخدم التحكم بالجهاز بواسطة مفاتيح موجودة على واجهة الجهاز لتوضيح الاشارة وبالتالي قياسها ومعرفة التغيرات التي تطرأ عليها من حيث الشكل والسعة.

ويعبر عن اسم الجهاز اختصاراً (CRO).

ان أساس عمل الاولوسيلوسكوب هو اصطدام الحزمة الالكترونية بالشاشة المنقورة وبذلك يتم دراسة ما حصل لهذه الحزمة بسبب تأثيرات الدائرة الكهربائية التي يتم استلام الموجة منها،

وفيما يلي وصف لجهاز (CRO) الموجود في المختبر حالياً

الوصف الخارجي للجهاز :

تتكون واجهة الاولوسيلوسكوب من شاشة مربعة صغيرة مثبت عليها المحورين السيني والصادي وتدرجاتهما حيث تظهر الاشارة المراد رسمها على هذه الشاشة المنظورة وبالتالي حساب التدرجات لمعرفة سعة الموجة.

هذا الجهاز ثنائي القناة يمكن ان يعرض اشارتين في أن واحد كما ويمكن استخدام قناة واحدة الاستلام اشارة واحدة بعد تحويل المفتاح الى رقم القناة المستخدمة حيث يتصل بها المجس.

وهناك عدة مفاتيح تدرج اهمها:

وهو مزود بمصباح للدلالة على الاشتغال (ON/OFF) يستخدم لتشغيل الجهاز

1. مفتاح (POWER): (CHI, CH2, ADD, DUAL) التغير الطور وهو ذو أربع

مواضع

2. مفتاح (MODE): ويستخدم للتحويل بين الفنانين جمعهما او طرحهما أو إظهارهما معا

على التتابع.

3. مفتاح (INT): يتحكم بشدة الإشارة المرسومة. يتحكم بتبذير الموجة.

4. مفتاح (FOCUS): (CH1,CH2,LINE,EXT) التوفيق (التزامن) ذو أربع مواضع:

(SOURCES)

5. مفتاح او الاشارة الداخلة لمنظم التوفيق الخارجي (50- 60 HZ) يستخدم للتزامن مع

القناة فقط او الترددات ما بين (Auto,Normal ,TV Trigger).

6. موفق الطور ذو الثلاث مواضع (Mode) . (volt/div) يوجد مفتاح لكل منهما يحدد

حساسية الفولتية (CH1,CH2)

7. يحدد حساسية الجهاز على المحور السيني (الزمن).

8. (TIME/DIV) ويوجد مفتاحان بهذا الشكل كل واحد منهما يخص قناة وهما على

التتابع (AC, GND, DC)

إمرار تيار متناوب، ارضي يحجز جميع الإشارات إمرار اشارات مستمرة ومتناوبة.

التركيب الداخلي للجهاز:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| cathode ray tube | 1. أنبوب الأشعة المهبطية |
| horizontal attenuator | 2. موهن الإشارة السيني |
| horizontal amplifier | 3. مضخم الإشارة السيني |
| focusing circuit | 4. موهن الإشارة الصادي |
| vertical attenuator | 5. مضخم الإشارة الصادي |
| vertical amplifier | 6. دائرة تبؤر الحزمة الالكترونية |
| horizontal deflection circuit | 7. دائرة ازاحة الحزمة السينية |
| vertical deflection circuit | 8. دائرة ازاحة الحزمة الصادية |
| synchronizing circuit | 9. دائرة التوافق |
| sweep generator | 10. مولد إشارة المسح (قاعدة الزمن) |
| luminosity circuit | 11. دائرة شدة إضاءة الإشارة |
| power supplies | 12. مصادر قدرة كهربائية |

طريقة العمل :

- 1- ارسم مخططا تفصيليا للجهاز مع بيان المفاتيح الموجودة وثبتت مديات وعمل كل منها
- 2- استخدم إحدى قناتي الجهاز واربط المجس بمولد الإشارة (LINE)

3- صفر الجهاز بجعل المفتاح رقم (9) على الأرضي وحرك المفتاح (5) على المحور السيني ونظم الشدة والتبذير ادخل موجة جيبية وارسمها مثبتا الحساسية على كلا المحورين.

4- حول المفتاح على AC .

5- ادخل موجة مربعة ، ارسم الموجة الداخلة . وادخل فولتية مستمرة موجبة مرة وسالبة مرة أخرى ثم ارسم الاشارة DC 6 . حول المفتاح على الموضع .

الحسابات

1. احسب فولتية الموجة الداخلة بحساب (عدد المربعات من المحور السيني الى قمة الموجة مضروب بحساسية الجهاز للفولتية) لكل من الموجتين الجيبية والمربعة .

2. احسب التردد للموجتين الجيبية والمربعة وذلك بحساب الزمن (البعد من قمة إلى قمة تليها مضروب بحساسية الجهاز للزمن) .

3. احسب الفولتية المستمرة وذلك بحساب الارتفاع عن المحور السيني بالنسبة للفولتية الموجبة والانخفاض عنه بالنسبة للفولتية السالبة.

المناقشة: ما هي الفائدة الأساسية من الجهاز ؟

التجربة (74)

دوائر القطع باستخدام الدايمود

مقدمة:

تستخدم دوائر القطع أو التحديد لإزالة جزء غير مرغوب فيه من الموجة وهذا الجزء قد يكون ارتفاع الموجة أو موجة تشويش أو جزء من موجة يراد إزالتها.

يمكن لهذه الدوائر أن تستخدم لمنع الفولتية من العمل خارج حدود معينة لذا تسمى هذه الدوائر بالمحددات ويعتبر الدايمود (Diode) قاطع مثالي لكونه يمرر التيار باتجاه واحد وهو الاتجاه الأمامي (الانحياز الأمامي ولا يسمح له بالمرور بالاتجاه المعاكس).

هناك عدة دوائر قطع باستخدام الدايمود تصنف حسب طريقة الربط منها:

A. دوائر القطع على التوالي SERIES CLIPPER

الغرض من التجربة: دراسة تأثير الدايمود على الموجة الجيبية عند ربطه على التوالي في دائرة قطع

1- دوائر القطع على التوالي غير المنحاز

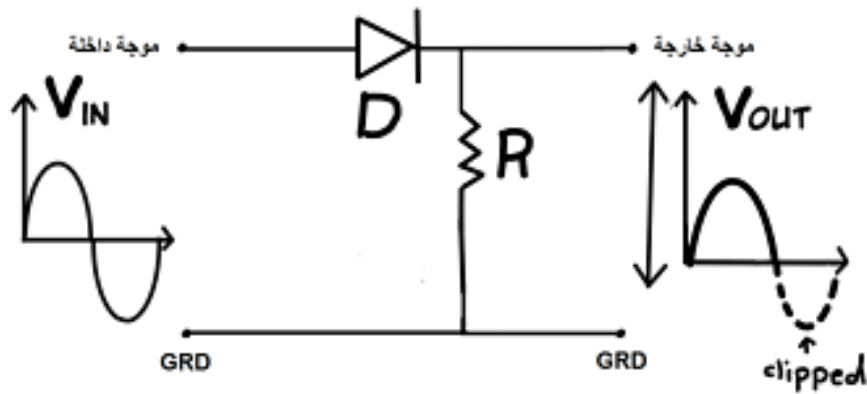
النظرية:

تتكون دائرة القطع المربوطة على التوالي من مقاومة ودايمود بحيث تؤخذ الإشارة عبر طرفي المقاومة .

تمثل الدائرة الكهربائية شكل (1) دائرة القطع الأساسية باستخدام الدايمود حيث (D) يمثل الدايمود السليكوني الذي يحتاج إلى فولتية موجبة للأنود (0.7 V) للاشتغال

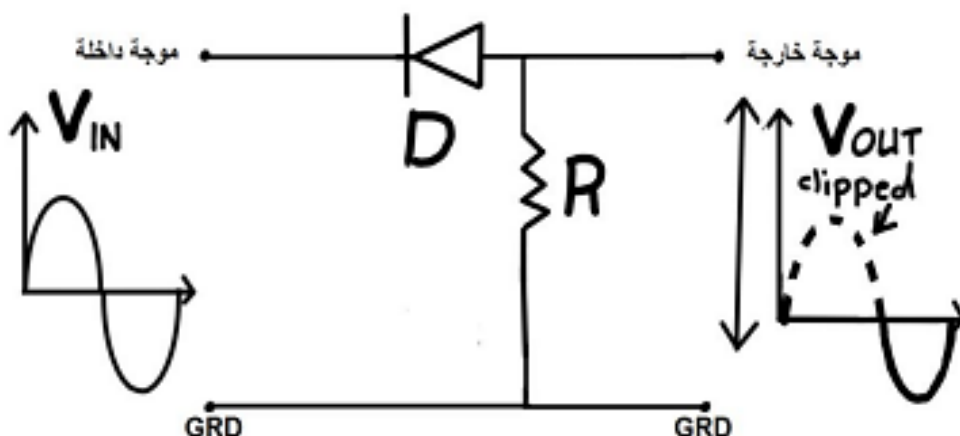
عندما يكون الدايمود مربوط بالاتجاه الامامي فإنه سيعمل خلال النصف الموجب من الموجة ويرغم التيار على المرور خلال المقاومة وبذلك يعمل كمفتاح مغلق للدائرة (توصيل).

أما خلال النصف السالب فإنه سيعمل عمل مفتاح مفتوح ويقطع الدائرة لأنه يكون منحاز انحياز عكسي بالنسبة لاتجاه الموجة الداخلة لذلك تظهر الاشارة الخارجة نصف الموجة الموجبة سعتها اقل من الموجة الداخلة بمقدار (0.7 v) (للسيلكون) والسبب في ذلك انخفاض الجهد عبر طرفي الدايمود.



شكل (1) دائرة القطع غير المنحاز على التوالي (الدايمود منحاز أماميا)

أما عندما يعكس ربط الدايمود فإنه لن يعمل خلال النصف الموجب للموجة حيث سيكون انحيازه عكسي و لكنه سيعمل خلال النصف السالب للموجة فتظهر الاشارة الخارجة نصف موجة سالبة لاحظ الشكل (2)



شكل (2) دائرة القطع غير المنحاز على التوالي (الدايود منحاز عكسيا)

طريقة العمل:

- 1- ادخل موجة جيبية على الاوسيلوسكوب ، ارسم دورتين منها.
- 2- اربط الدائرة كما في الشكل (1) وادخل الموجة الجيبية عليها .
- 3- ارسم الموجة الخارجة في الشكل (1)
- 4- اعكس ربط الدايود لتحصل على شكل (2).
- 5- ارسم الموجة الخارجة في الشكل (2).

الحسابات

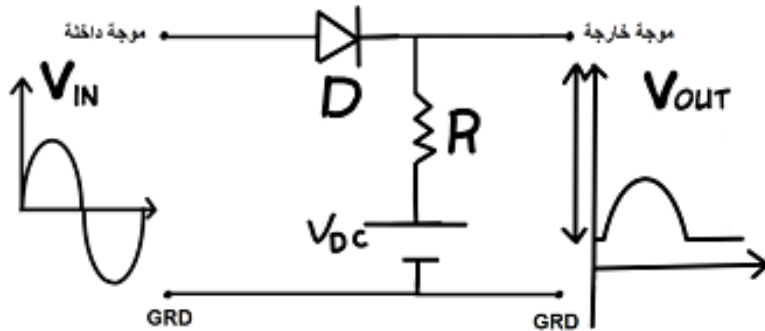
1. احسب الفولتية الداخلة (V_{in}) للجزء الموجب وللجزء السالب من الموجة كل على حدا .
2. احسب التردد للفولتية الداخلة .
3. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايود مربوط بالاتجاه الامامي .
4. احسب فولتية الدايود (V_D).
5. احسب الفولتية الخارجة عند عكس الدايود.
6. احسب فولتية الدايود V_D .

2- دوائر القطع المنحاز على التوالي Biased series clipper

النظرية :

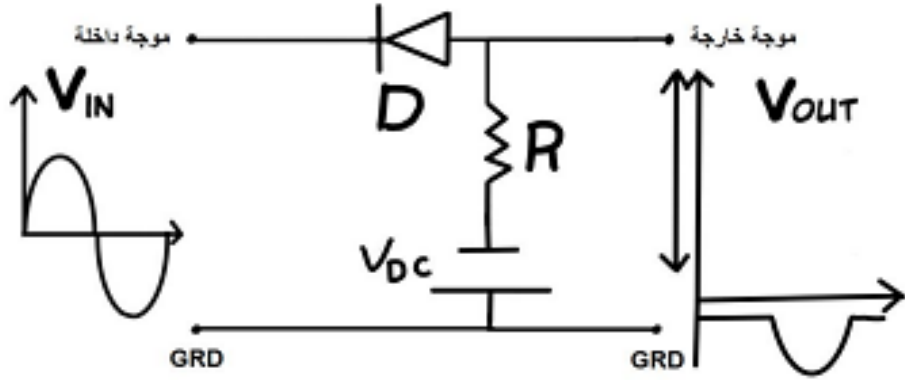
عند تسليط جهد موجب وليكن (1 V) على الدائرة شكل (1) على طرف المقاومة البعيد عن الدايمود فإن الدايمود يبقى في حالة قطع حيث يعمل كمفتاح مفتوح لان فولتية الانحياز تجعل الدايمود منحاز عكسيا السبب في ذلك ان فولتية الانحياز زادت فولتية الكاثود بمقدار ($1\text{V}+$)

ويكون التوصيل فقط عندما تصبح فولتية الموجة الداخلة أعلى من (1.7V) في الجزء الموجب من الموجة اما الجزء السالب منها فيكون في حالة قطع مستمرة فتظهر الاشارة الخارجة كخط مستقيم يمثل فولتية الانحياز الموجبة فيما عدا المناطق التي حصل فيها التوصيل تظهر كقمم.



شكل (3) دائرة القطع المنحاز على التوالي (الدايمود منحاز أماميا)

كذلك الحال عند عكس الدايمود و تسليط جيد سالب حيث يبقى الدايمود في حالة قطع خلال النصف الموجب من الموجة الداخلة و الأجزاء الأقل من فولتية الانحياز خلال الجزء السالب حيث لا يمرر سوى الجزء الذي تكون فيه فولتية الموجة الداخلة للجزء السالب أعلى من (1.77) بالاتجاه السالب فتظهر الاشارة الخارجة عكس السابقة تماما.



شكل (4) دائرة القطع المنحاز على التوالي (الدايود منحاز عكسيا)
طريقة العمل :

- 1- اربط الدائرة كما في الشكل (3)
- 2- ادخل الموجة الجيبية عليها .
- 3- ارسم الاشارة الخارجة
- 4- عكس ربط الدايود وسلط فولتية سالبة كما في الشكل (4).
- 5- ارسم الاشارة الخارجة.

الحسابات:

1. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايود مربوط بالاتجاه الامامي شكل (3).
2. احسب فولتية الدايود (V_D).
3. احسب (V_{DC}) فولتية الانحياز الموجب هو الارتفاع عن المحور السيني.
4. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايود مربوط بالاتجاه العكسي شكل (4).
5. احسب فولتية الدايود (V_D).
6. احسب (DC) فولتية الانحياز السالب هو الانخفاض عن المحور السيني .

أسئلة المناقشة.

- 1- ما هو تأثير دائرة القطع على الموجة الجيبية من حيث السعة والشكل وما هو السبب؟
- 2- ما هو الغرض من القطع .
- 3- ما الفرق بين دائرة القطع المنحازة ودوائر القطع غير المنحازة بالنسبة للموجة الخارجة من السعة والشكل اذكر السبب ان كان هناك اختلاف .
- 4- زيادة مقدار فولتية الانحياز هل يزيد او يقل مقدار القطع في كل من الشكل (3,4) علل ذلك؟
- 5- لماذا لم يتم التحيز أماميا وماذا نتوقع ان يحصل لو تم ذلك ؟
- 6- على ماذا تعتمد قيمة الانخفاض بسعة الموجة الخارجة شكل (1) وهل تكون دائما بهذا المقدار ؟
- 7- لماذا لم نستخدم موجة مربعة في الدوائر السابقة؟

التجربة (75)

اسم التجربة دوائر القطع باستخدام الدايود

B- دوائر القطع على التوازي SHUNT CLIPPER

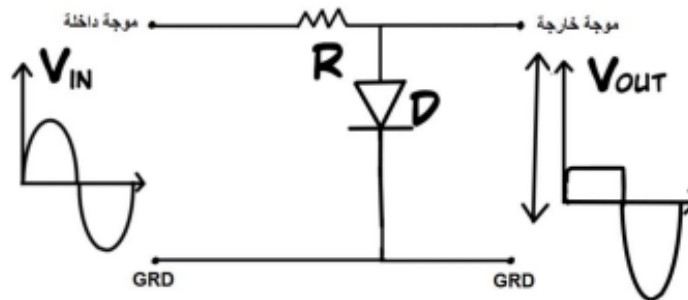
الغرض من التجربة: دراسة تأثير الدايود على الموجة الجيبية عند ربطه على التوازي في دائرة القطع.

1- دوائر القطع على التوازي shunt clipper (غير المنحاز)

النظرية

تتكون دائرة القطع المربوطة على التوازي من مقاومة ودايود بحيث تؤخذ الإشارة عبر طرفي الدايود شكل (1)

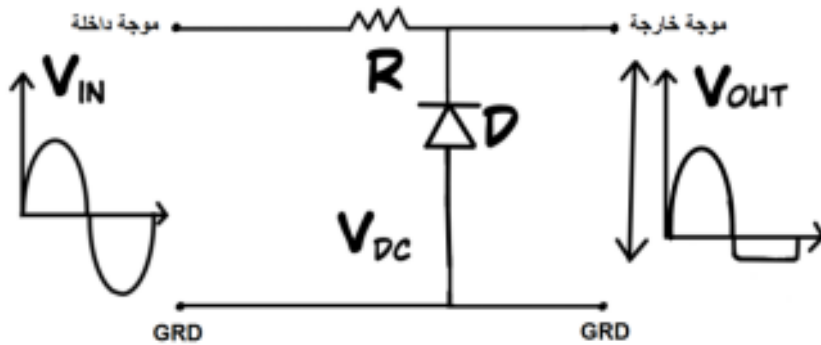
تتشارك هذه الدائرة مع دائرة القطع على التوالي في مكوناتها ولها نفس العمل وهو قطع جزء من الموجة ولكن تختلف في طريقة الربط وأسلوب العمل حيث عندما يكون الدايود في حالة قطع تمر الموجة مباشرة الى الاوسيلوسكوب عبر المقاومة بينما في حالة التوصيل تمر الموجة خلال الدايود وأن تمر الى الاوسيلوسكوب حينها.



شكل (1) دائرة القطع غير المنحاز على التوازي (الدايود منحاز أماميا)

خلال النصف الموجب الموجب وكما في الشكل (1) سيعمل الدايمود عندما تبلغ قيمه الفولتية أعلى من (0.7 V) أما دون هذه الفولتية وخلال النصف السالب فانه سيكون في حالة قطع أي ستمر الموجة الى الاوسيلوسكوب مباشرة عبر المقاومة فتكون الموجة الخارجة متكونة من جزء الموجة السالب وقليل من الجزء الموجب.

أما عندما يعكس ربط الدايمود شكل (2) فلن يعمل خلال الجزء الموجب من الموجة ويمر هذا الجزء الى الاوسيلوسكوب ويبقى في حاله القطع هذه حتى تبلغ قيمه الفولتية السالبة الى أعلى من (0.7 V) بالاتجاه السالب حيث يبدأ بالتوصيل ويمر التيار خلاله ، لذلك يكون شكل الموجة الخارجة عبارة عن الجزء الموجب من الموجة الداخلة وقليل من الجزء السالب.



شكل (2) دائرة القطع غير المنحاز على التوازي (الدايمود منحاز عكسيا)

طريقة العمل :

1. ادخل موجة جيبية على الاوسيلوسكوب ، ارسم دورتين منها.
2. اربط الدائرة كما في الشكل (1) وادخل الموجة الجيبية عليها .
3. ارسم الموجة الخارجة في الشكل (1)
4. اعكس ربط الدايمود لتحصل على شكل (2).
5. ارسم الموجة الخارجة في الشكل (2)

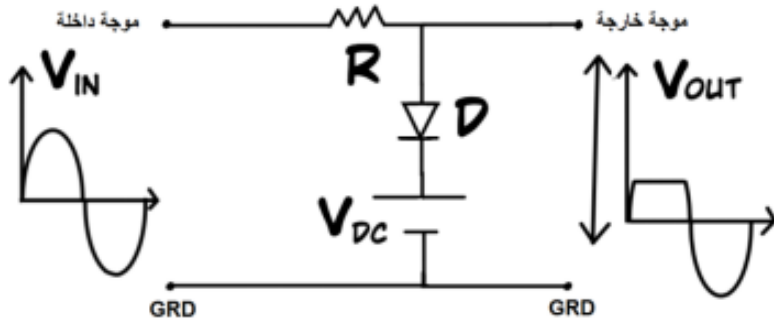
الحسابات:

1. احسب الفولتية الداخلة (V_{in}) للجزء الموجب وللجزء السالب من الموجة كل على حدا.
2. احسب التردد للفولتية الداخلة .
3. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايمود مربوط بالاتجاه الامامي .
4. احسب فولتية الدايمود (V_D).
5. احسب الفولتية الخارجة عند عكس الدايمود.
6. احسب فولتية الدايمود V_D

2- دوائر القطع المنحاز على التوازي Biased shunt clipper

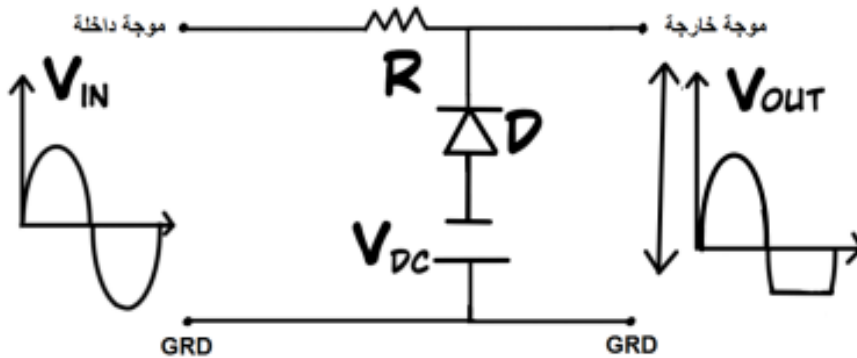
النظرية

يمكن تنظيم مستوى القطع عن طريق فولتية انحياز عكسي بحيث يربط الكاثود للدايمود بفولتية موجبة فعند تسليط جهد موجب وليكن ($1V$) على الدائرة شكل (1) فان الدايمود لن يتمكن من التوصيل ما لم تكن فولتية الموجة الداخلة أعلى من ($1.7V$) أما دون ذلك وخلال النصف السالب من الموجة فان الدايمود يكون في حاله قطع لذا فقد تم تحديد مستوى القطع بمقدار الفولتية المسلطة كما في الشكل (3)



شكل (3) دائرة القطع المنحاز على التوازي (الدايمود منحاز أماميا)

كذلك الحال عند عكس الدايمود وتسليط جهد سالب حيث يبقى الدايمود في حالة قطع خلال النصف الموجب من الموجة الداخلة والأجزاء الأقل من فولتية الانحياز خلال الجزء السالب حيث لا يمرر سوى الجزء الذي تكون فيه فولتية الموجة الداخلة أعلى من ($V_{1.7}$) بالاتجاه السالب.



شكل (4) دائرة القطع المنحاز على التوازي (الدايمود منحاز عكسيا)

طريقة العمل :

- 1- اربط الدائرة كما في الشكل (1)
- 2- سلط فولتية موجبة وادخل الموجة الجيبية.
- 3- ارسم الاشارة الخارجة .
- 4- اعكس ربط الدايمود وسلط فولتية سالبة كما في الشكل (4).
- 5- ارسم الاشارة الخارجة .

الحسابات :

1. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايمود مربوط بالاتجاه الامامي شكل (3).
2. احسب فولتية الدايمود (V_D).
3. احسب الفولتية الخارجة (V_{out}) عندما يكون الدايمود مربوط بالاتجاه العكسي (4).
4. احسب فولتية الدايمود (V_D).

أسئلة للمناقشة.

1. ما هو أساس عمل هذه الدائرة وما هو اختلاف هذه دائرة القطع على التوالي؟
2. ما هو الغرض من التحيز العكسي؟ ماذا يحصل لو تم التحيز أماميا ؟
3. ما الفرق بين دائرة القطع المنحازة ودوائر القطع غير المنحازة بالنسبة للموجة الخارجة من حيث السعة والشكل اذكر السبب ان كان هنالك اختلاف .
4. ما هو تأثير مقدار فولتية الانحياز (تأثير الزيادة أو النقصان)؟

التجربة رقم (76) خصائص الثنائيات البلورية

Characteristics of PN-junction semiconductor diodes

الغرض من التجربة :

دراسة خصائص الثنائي البلوري من السليكون (S_i) ومن الجرمانيوم (G_e).

مقدمة :

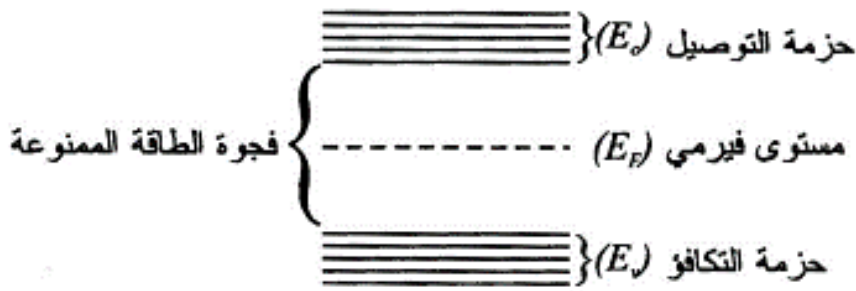
تعتبر الثنائيات البلورية من النبائط devices المهمة في صناعة الإلكترونيات الحديثة وحلت في منتصف هذا القرن، محل الصمامات المفرغة vacuum diodes لكفاءتها العالية حجمها الصغير وتكاليفها المنخفضة بالمقارنة بالصمامات المفرغة تستخدم الثنائيات في كثير من الدوائر الإلكترونية مثل التقويم، والكشف و.... إلخ. ويعتبر عنصري السليكون والجرمانيوم من أشباه الموصلات شائعة الاستخدام في صناعة الثنائيات البلورية.

النظرية :

عندما تكون ذرة السليكون (أو الجرمانيوم) داخل سبيكة بلورية فإن كل مستوى من مستويات الطاقة الذرية يتجزأ إلى عدد من المستويات الثانوية بسبب الجهد البلوري وبالتالي تتكون حزمة من مستويات الطاقة بدلاً من المستويات المنفردة وفقاً لنظرية الحزم Band theory كما هو موضح في شكل (1) كثافة مراتب الطاقة ضمن كل حزمة تكون دالة للطاقة. وكل مرتبة من مراتب الطاقة تتشغل بالإلكترون واحد. ويمكن تمثيل احتمالية انشغال أي مرتبة بالإلكترون بدالة تعرف بدالة فيرمي - ديراك Fermi-Dirac function :

$$F(E) = [1 + \exp(E - E_F) kT] \quad (1)$$

حيث E_F مستوى فيرمي للطاقة و E طاقة الإلكترون لأي مرتبة و T درجة الصفر المطلق يسلك شبه الموصل النقي، السليكون مثلاً، سلوك العازل الكهربائي عند درجة حرارة الصفر المطلق وذلك لأن حزمة التوصيل E_C تكون خالية تماماً من الإلكترونات بينما تكون حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات. إذا إرتفعت درجة الحرارة عن الصفر المطلق فإن المادة ستسلك سلوك شبه الموصل semiconductor حيث تنتقل بعض الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل وتخلق وراءها فجوات holes فارغة. يكون دائماً عدد الفجوات في حزمة التكافؤ مساو تماماً لعدد الإلكترونات في حزمة التوصيل وعليه يقع مستوى فيرمي (E_F)



شكل (1)

في وسط الفجوة الممنوعة forbidden band ويسمى شبه الموصل من هذا النوع بشبه الموصل النقي intrinsic semiconductor ويعتبر شبه الموصل النقي موصل رديء الموصلية ولتحسين موصلية شبه الموصل النقي يطعم بالشوائب doping وتنقسم الشوائب إلى نوعين:

1. الشوائب المانحة donors وتكون ذراتها خماسية التكافؤ مثل الفسفور P .
2. عند إضافة الشوائب المستقبلة acceptors وتكون ذراتها ثلاثية التكافؤ مثل البورون B .

عند إضافة الشوائب المانحة إلى شبه الموصل النقي نحصل على شبه الموصل من

النوع السالب

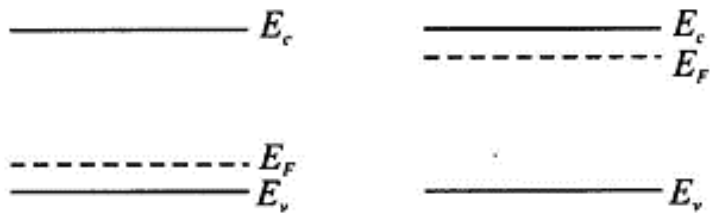
(N-type) semiconductor وفيه يزداد عدد الإلكترونات الحرة (الحاملات الأغلبية)

بزيادة عدد الشوائب ويتزحزح مستوى فيرمي E_F باتجاه حزمة التوصيل E_C شكل (2 a) وعند

إضافة الشوائب المستقبلية إلى شبه الموصل النقي نحصل على شبه الموصل من النوع الموجب

semiconductor (P-type) وفيه يزداد عدد الفجوات (الحاملات الأغلبية ويتزحزح مستوى

فيرمي و باتجاه حزمة التكافؤ E_V شكل (2 b).



(a) شكل (2) (b)

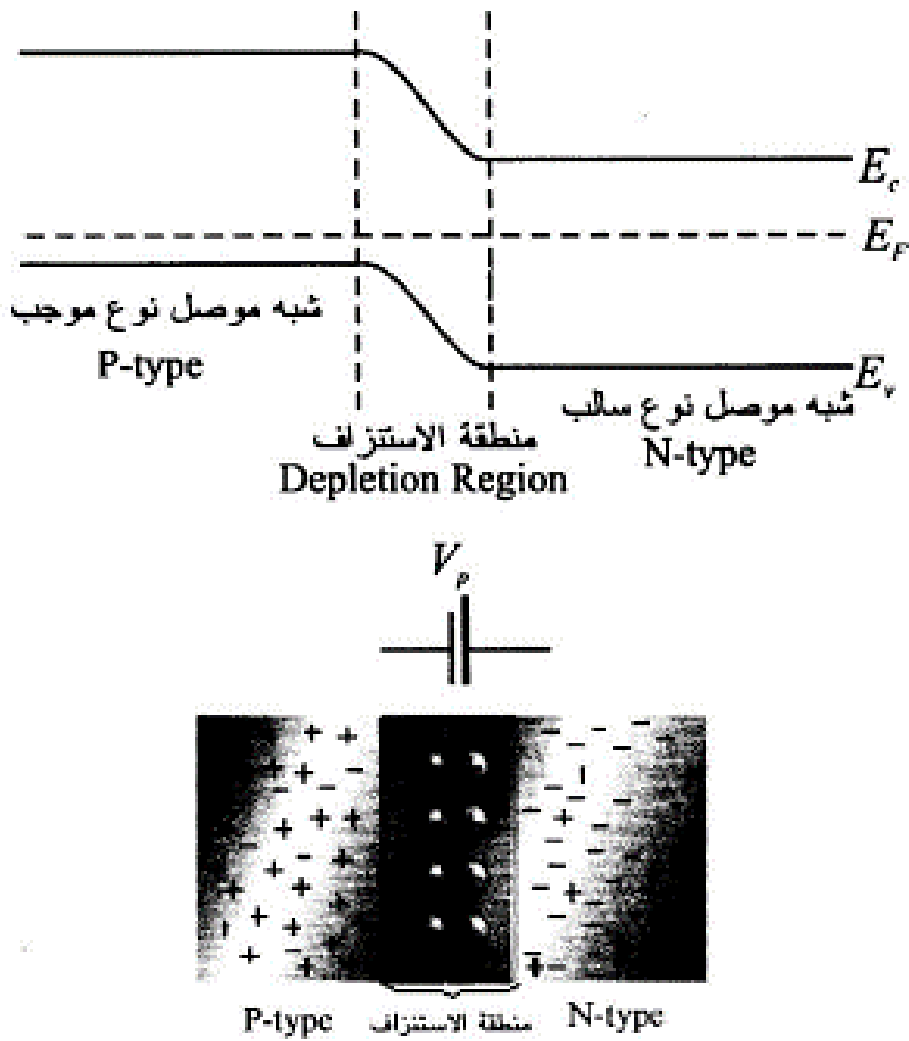
عند تماس شبه الموصل من النوع السالب بأخر من النوع الموجب فإن الحاملات الأغلبية

من كلا الطرفين تبدأ بالانتشار عبر منطقة الاتصال junction من التركيز الأعلى للحاملات

إلى التركيز الأقل إلى أن يتساوى مستوى فيرمي من الجانبين (حالة التوازن) شكل (3). وتتكون

طبقة رقيقة تعرف بمنطقة الاستنزاف depletion region حيث يوجد داخل هذه الطبقة عدد

من الأيونات الثابتة الموجبة قرب النوع السالب وأيونات ثابتة سالبة بالقرب من النوع



شكل (3)

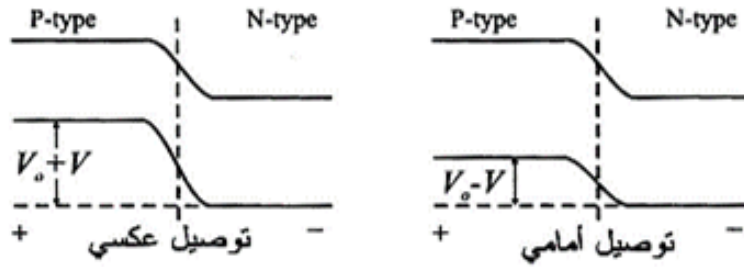
الموجب ويظهر جهداً كهربياً مستقراً في هذه المنطقة يعرف بجهد العائق potential barrier يمنع استمرارية انتشار الإلكترونات والفجوات وتعرف هذه الوصلة الثنائية بين شبه الموصل من النوع الموجب وشبه الموصل من النوع السالب بالثنائي البلوري PN junction diode -

عند ربط قطباً الثنائي بنضيدة قدرتها الدافعة الكهربائية V ، بحيث يربط القطب الموجب للنضيدة بالنوع الموجب (توصيل أمامي) فإنه يمر تيار كبير I نتيجة لعبور حاملات الشحنة الأغلبية بمنطقة الاستنزاف ويسمى هذا التيار الأمامي. تعتمد قيمة التيار الأمامي I على درجة الحرارة T والجهد المسلط بين قطبي الثنائي V وفق العلاقة:

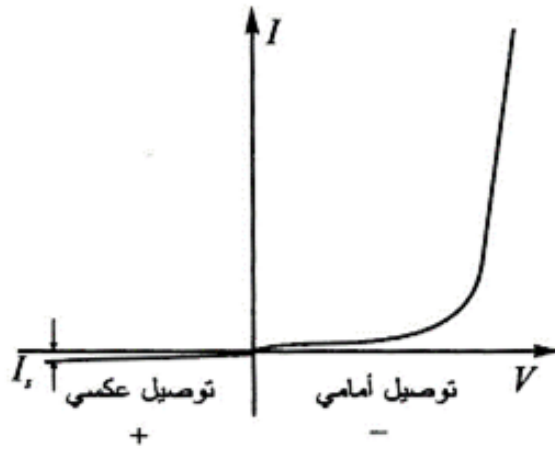
$$I = I_S(e^{\frac{eV}{kT}} - 1) \quad (2)$$

حيث I_S هو تيار الإشباع العكسي reverse saturation current أما إذا تم ربط القطب الموجب للنضيدة بالنوع السالب للثنائي (توصيل عكسي) فإن الحاملات الأقلية تسري عبر منطقة الاستنزاف ولا تستطيع المساهمة في التيار وسريان حاملات الأقلية يتسبب في عبور تيار عكسي 18 صغير جداً ويسمى تيار الإشباع العكسي وهو لا يعتمد على الجهد المسلط بين قطبي الثنائي ولكن يزداد بسرعة مع زيادة درجة الحرارة (تجربة فجوة الطاقة) - شكل (4) - يمثل الثنائي البلوري في حالة التوصيل الأمامي والعكسي.

عند تمثيل العلاقة 2 بيانياً حيث يمثل محور الصادات I ومحور السينات V ستحصل على شكل (5) وهو يمثل خصائص الثنائي البلوري النظرية.



شكل (4)



شكل (5)

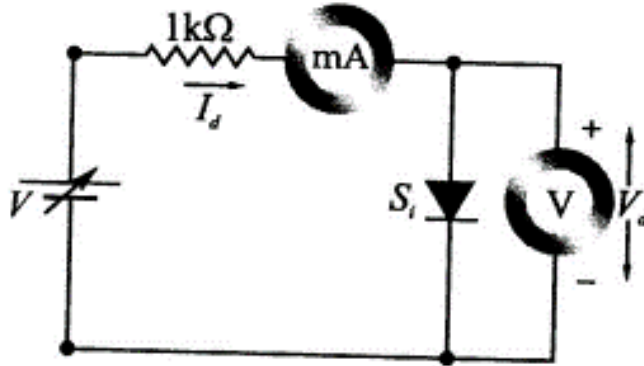
الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ثنائي بلوري من السليكون ثنائي بلوري من الجرمانيوم، مقاومة 12 فولتميتر (عدد 2) ميلي أميتر ميكروأميتر، مصدر جهد مستمر.

خطوات العمل :

أولاً: التوصيل الأمامي Forward Bias

1. أوصل الدائرة الموضحة في شكل (6)



شكل (6)

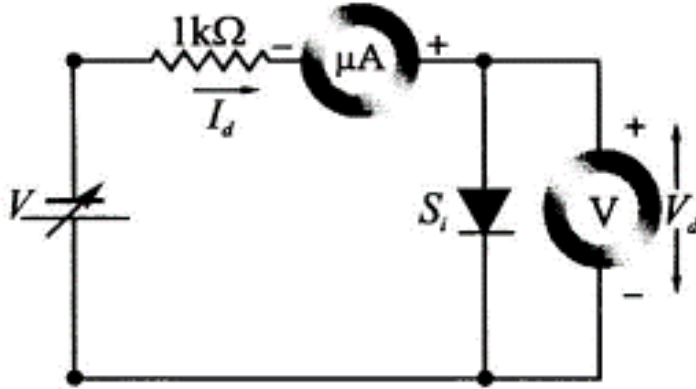
2. اجعل المصدر I_S مساوياً للصفر وسجل كل من I_d , V_d .
3. غير الجهد V ليصبح ($V_d = 0.17 V$) وسجل كل من I_d , V يا وسجل القراءات في جدول كالآتي:

							0	$V(volt)$
0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	$V_d(volt)$
							0	$I_d(mA)$

4. غير V ليكون $0.2, 0.3, \dots, 0.7$ V_d وسجل قيم كل من I_d , V وضعها في الجدول.
5. أرسم العلاقة بين V_d على محور السينات، I_d على محور الصادات.
6. بدل الثنائي بثنائي من الجرمانيوم وكرر نفس الخطوات السابقة.

ثانياً: التوصيل العكسي Reverse Bias

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (7)



شكل (7)

2. ضع (V) وسجل قيمة كل من V_d , I_d

3. غير جهد المصدر V ليكون $V_d = 1, -2, -3, \dots$ ، وسجل I_d كل مرة وضع القراءات في جدول كالآتي:

							0	$V(volt)$
		-5	-4	-3	-2	-1	0	$V_d(volt)$
							0	$I_d(mA)$

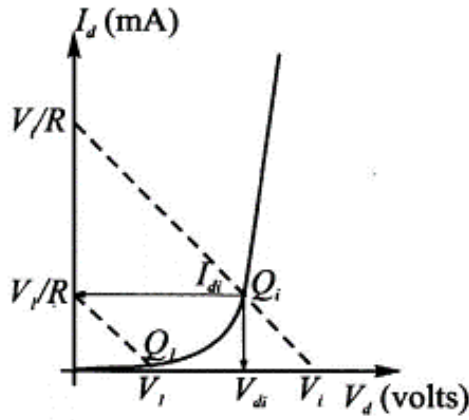
4. أرسم العلاقة بين V_d على محور السينات، I_d على محور الصادات (إستخدم ورقة بيانية

واحدة لرسم العلاقة البيانية بين V_d , I_d لكل من التوصيل الأمامي والعكسي).

5. بدل الثنائي السليكوني بثنائي من الجرمانيوم وكرر نفس الخطوات السابقة.

النتائج والحسابات :

- A- قارن بين التيار الأمامي والتيار العكسي من حيث المقدار و الاتجاه.
- B- أحسب مقاومة الثنائي في حالة التوصيل الأمامي والعكسي.
- C- لكل قيمة لجهد المصدر V أرسم خط الحمل وهو الخط الواصل بين النقطتين $I_d = V/R$ و حدد نقطة التشغيل للثنائي Q و كما هو موضح في شكل (8)



شكل (8)

- D- لكل نقطة تشغيل Q أحسب المقاومة الإستاتيكية (R_{dc}) .

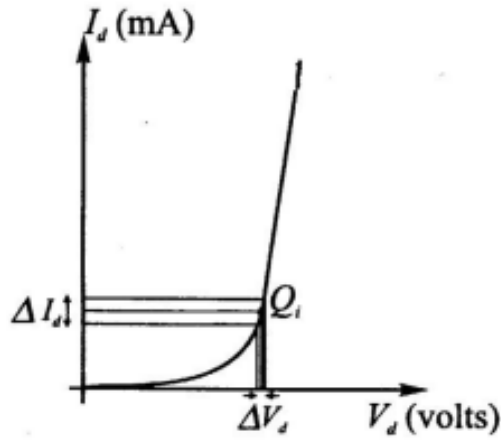
$$R_{dc} = \frac{V_{di}}{I_{di}}$$

كما هو موضح في شكل (8).

- E- لكل نقطة تشغيل Q_i أحسب المقاومة الديناميكية (r_{ac}) عملياً.

$$r_{ac} = \frac{\Delta V_d}{dI_d}$$

كما موضح في شكل (9).



شكل (9)

F- أحسب قيمة (٢) نظرياً باستخدام المعادلة :

$$r_{ac}(th) = \frac{26 \text{ mV}}{I_d}$$

G- ضع النتائج في جدول كالآتي:

$V_d(\text{volt})$	$I_d(\text{mA})$	$R_{dc}(\Omega)$	r_{ac}	$r_{ac}(th) = 26 \text{ mV}/I_d$
0				
0.1				
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				

H- أرسم علاقة بيانية بين R_{dc}, I_d وكذلك بين r_{ac}, I_d بقيمتها النظرية ، العملية، وقارن بين المقاومة الإستاتيكية والديناميكية من ناحية أخرى بين المقاومة الديناميكية نظرياً وعملياً.

الأسئلة:

1. هل ينطبق شكل منحني الخصائص العملي مع الشكل النظري الموضح في (شكل 5)؟
2. ما هي ملاحظتك على مقاومة الثنائي في حالتي التوصيل الأمامي والعكسي؟
3. ما هي قيمة V التي يبدأ عندها مرور التيار في الثنائي البلوري وما علاقتها بالنسبة للمادة المصنوع منها الثنائي البلوري.
4. كيف تميز بين ثنائي بلوري ومقاومة لها نفس الشكل والحجم.
5. ماذا نستنتج من العلاقة البيانية بين 1 و R_a .
6. هل هناك تطابق بين العلاقة I_a وبي " عملياً ونظرياً؟ ولماذا؟

التجربة رقم (77)

استخدامات الثنائي البلوري

Application of semiconductor diode

الغرض من التجربة :

التعرف على بعض الاستخدامات المهمة للثنائي البلوري ومنها :

1. المقوم نصف الموجي half wave rectifier .
2. المقوم الموجي الكامل full wave rectifier .
3. مضاعف الجهدية voltage doubler .
4. دوائر قطع أو تحديد الموجة clippers .
5. دوائر قمت أو تثبيت الموجة clampers .

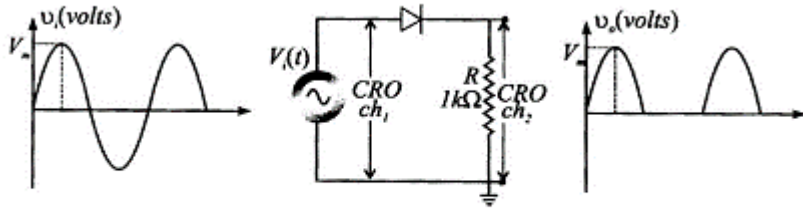
مقدمة :

اتضح من دراسة خصائص الثنائي البلوري أن لهذه النبيلة device القدرة على التوصيل في الاتجاه الأمامي forward bias وعدم التوصيل في الاتجاه العكسي reverse bias يمكن استخدام هذه الميزة في عملية التقويم النصفى والكامل مضاعف الجهد، تحديد شكل الموجة وكذلك في عملية تقميط الموجة. وتستخدم عادة المرشحات بأنواعها المختلفة في عملية تهذيب الإشارة الخارجة نحاول في هذه التجربة توضيح بعض التطبيقات العملية للثنائيات البلورية.

• المقوم نصف الموجي :

النظرية :

عند استخدام إشارة جيبية $v_i(t)$ كإشارة دخول للدائرة الإلكترونية الموضحة في شكل (1) فإن الثنائي البلوري سيسمح فقط بمرور التيار خلال نصف الموجة الموجب بينما يمنع مرور التيار خلال نصف الموجة السالب ولهذا سمي بمقوم نصف الموجة.



شكل (1)

فإذا كانت

$$v(t) = V_m \sin \omega t \quad (1)$$

فإن القيمة المستمرة للجهد الخارج v_0 هو $V_0(D.C)$

$$V_0(D.C) = \frac{V_m}{\pi} = 0.318 V_m$$

وعند توصيل مكثف بين طرفي المقاومة R كما في الشكل (فستحصل على إشارة خارجة كالموضحة في شكل (2). يقل تموج الإشارة الخارجة باختيار مناسب لسعة المكثف المستخدم، حيث أن المقصود بالتقويم هو تحويل الجهد المتناوب إلى جهد مستمر فإنه كلما قلت قيمة التموجات في الإشارة الخارجة كلما كانت أفضل عملياً وعليه عرف عامل التموج (ripple factor r ليكون مقياساً لجودة المقوم.

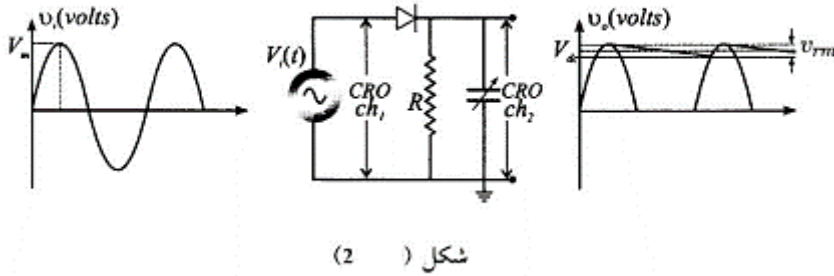
$$r(\text{Ripple Factor}) = \frac{v_r(rms)}{V_0(D.C)} \quad (3)$$

حيث $v_r(rms)$ هي القيمة الفاعلة للتموج. وحيث أن شكل للتموج يشبه إلى حد كبير موجة من المنشار saw tooth wave فإن :

$$v_r(rms) = \frac{v_{rm}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

ويعتمد عامل التمدد r على قيمة كل من R و C وتردد الإشارة المستخدمة وهو يساوي:

$$r = \frac{1}{\sqrt{3fRC}} \quad (5)$$



الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ثنائي بلوري، مذبذب مقاومة 12 فولتميتر، راسم الذبذبات المهبطي cathode ray oscilloscope.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (1) مستخدماً موجة جيبية سعتها 5 فولت و ترددها 10 kHz متأكداً من هذه المواصفات عن طريق راسم الذبذبة المهبطي (CRO) حيث توصل إحدى قناتيه بالمذبذب.

2. أوصل القناة الثانية بين طرفي المقاومة R للحصول على الشكل الموجي للجهد الخارج.

3. أرسم على ورقة بيانية كل من الموجة الداخلة والخارجة وقس سعنيهما.

4. قس فرق الجهد بين طرفي المقاومة R بواسطة فولتميتر للحصول على قيمة $V_0(D.C)$ العملية.

5. أوصل مكثف ما تغير السعة بين طرفي المقاومة R كما في شكل (2).

6. ارسم على ورقة بيانية الموجة الخارجة كالآتي:

1. ضع زر راسم الذبذبة على النمط المستمر $V_0(D.C)$ وقس قيمة
2. ضع زر راسم الذبذبة على النمط المتغير (AC) وأرسم شكل التمرج v_{rm}^U

7. أحسب عامل التمرج r للدائرة.

8. أدرس التغير في قيمة عامل التمرج " بتغير سعة المكثف المستخدم.

النتائج والحسابات :

• استخدام المكثف :

1. أحسب قيمة $V_0(D.C)$ للدائرة من معادلة (1).
2. قارن بين $V_0(D.C)$ النظرية والعملية.
3. أحسب القيمة الفاعلة لتمرج الإشارة الخارجة من | العلاقة : $v_{rms} = 0.385V_m$.
4. أحسب عامل التمرج للدائرة.

• بعد استخدام المكثف :

- قارن بين القيمة العملية لـ $V_{d.c}$ مع القيمة النظرية.
- أحسب (v_r^{rms}) من معادلة (4).
- أحسب القيمة العملية لعامل التمرج من معادلة (3) وقارنه بالقيمة النظرية من معادلة (4) لكل قيمة من قيم المكثف المستخدمة.

$C(\mu F)$	r عملياً	r نظرياً

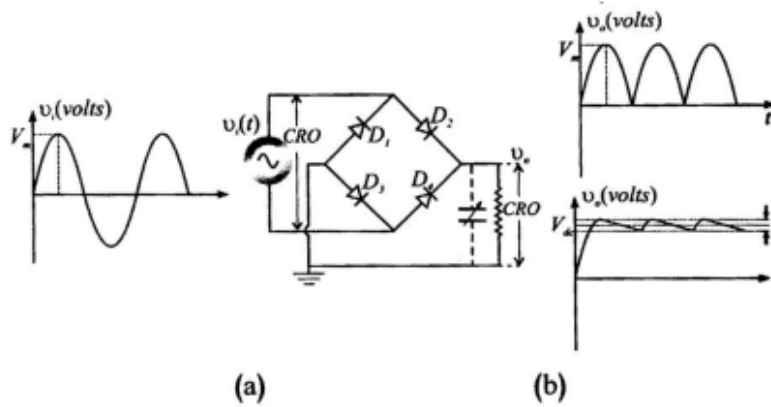
الأسئلة

1. استنتج العلاقة بين $V_{d.c}$, V_{rms} , V_m للموجة الخارجة وعلاقتها بالموجة الداخلة.
2. ما فائدة المقاومة في دائرة المقومة النصفية؟
3. ما علاقة المقاومة والمكثف المستخدمین بتردد إشارة الموجة؟
4. ما هو مدى الترشيح (قيم المكثف المستخدم) لنحصل على تقويم جيد؟

b. المقوم الموجي الكامل Fall wave rectifier

النظرية :

أحد الطرق للحصول على تقويم موجي كامل هو استخدام قنطرة التقويم والتي تتكون من أربع ثنائيات بلورية متصلة مع بعضها على شكل قنطرة كما موضح في شكل (3). وبملاحظة الدائرة يمكن بسهولة فهم كيفية عملها، حيث يقوم كل من الثنائيين D_2 , D_3 بالتوصيل خلال نصف الموجة الموجب ليمر تيار I في المقاومة R . أما خلال نصف الموجة السالب فيقوم كل من الثنائيين D_1 , D_4 بالتوصيل ليمر تيار 1 في المقاومة R في نفس اتجاه التيار الأول، وهذا يعني أن الجهد الخارج سيكون متواجداً خلال نصفي الموجة الداخلة وفي نفس الاتجاه كما هو موضح في شكل (3)



شكل (3)

إذا كانت الموجة الداخلة جيبية سعتها V_m أي أن:

$$v_i(t) = V_m \sin \omega t$$

فإن الجهد المستمر للموجة الخارجة V_{DC} حيث :

$$V_0(D.C) = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636 V_m \quad (6)$$

وتكون القيمة الفاعلة للجهد الخارج:

$$v_r(rms) = 0.308 V_m \quad (7)$$

ويكون عامل التموجات r

$$r = \frac{v_r(rms)}{V_{d.c}} \quad (8)$$

فإذا ما وصل مكثف متغير السعة بين طرفي المقاومة فإننا سنحصل على موجة خارجة

كالمبينة في شكل (3 b)

$$v_r(rms) = \frac{v_{rm}}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

ويصغر $v_r(rms)$ وكذلك عامل التموج " وذلك بتغيير سعة المكثف حتى نتمكن من

الحصول على جهد خارج يكاد يكون خالياً من التموج.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

قنطرة التقويم مذبذب راسم الذبذبة المهبطي، فولتميتر، مكثف متغير السعة.

خطوات العمل :

- أوصل الدائرة الموضحة في شكل (3) مستخدماً موجة جيبيية سعتها (10 V) وترددتها (1 kHz) ومقاومة (1 kΩ).
- أوصل راسم الذبذبة المهبطي بالمذبذب وأرسم شكل الموجة الداخلة وقس سعتها V_m .
- أفصل الراسم عن المذبذب وأوصله بين طرفي المقاومة لتحصل على شكل الموجة الخارجة المماثلة لشكل (3 a). قس سعتها.
- قس فرق الجهد بين طرفي المقاومة باستخدام فولتميتر لتحصل على القيمة العملية $V_0(D.C)$
- أوصل مكثف متغير السعة بين طرفي المقاومة وأرسم شكل الموجة الخارجة والمماثلة لشكل (3 a)

- قس كل من V_m , v_{rms} عندما يكون الراسم مهياً لقياس الجهد المتناوب AC هيئ الراسم لقياس الجهد المستمر (DC) و قس $V_0(D.C)$
- غير سعة المكثف (بالزيادة النقصان) وكرر القياسات المشار إليها من الخطوة السابقة. ضع النتائج في جدول كالمبين:

r نظرياً	r عملياً	$V_0(D.C)(volt)$	$v_{rms}(volt)$	$V_m(volt)$	$C(\mu F)$

النتائج والحسابات :

1. أحسب $V_0(D.C)$ قبل وبعد وضع المكثف وقارنها بالقيم النظرية.
2. أحسب $v_r(rms)$ قبل وبعد وضع المكثف.
3. أحسب r قبل وبعد وضع المكثف وبقيم مختلفة لـ C .
4. ناقش كيف يتغير r بتغير سعة المكثف.
5. أحسب r نظرياً وقارنه بالقيم العملية.

الأسئلة:

- وضح كيف يتم التقويم الموجي الكامل باستخدام القنطرة.
- وضح كيف يعمل المكثف على تقليل سعة التموج في الموجة المقومة.
- ما هي مميزات هذه الدائرة عن المقوم النصفى؟
- لماذا نلتقط الإشارة الداخلة للمقوم عن طريق محول بدل من المصدر مباشرة؟

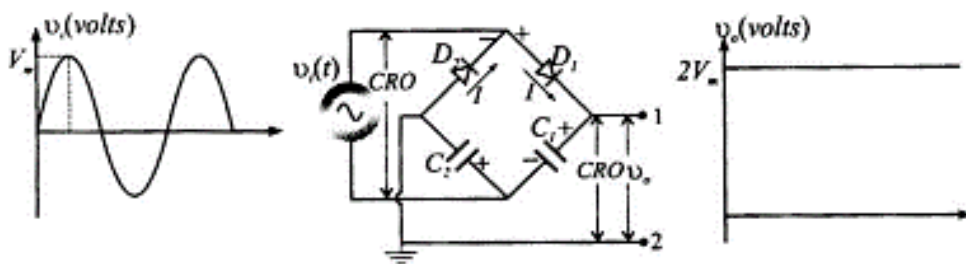
c. مضاعف الجهدية Voltage doubles :

النظرية :

الدائرة المبينة في شكل (4) تمثل دائرة مضاعف الجهدية ولفهم كيفية عمل هذه الدائرة: نفترض أن الجهد الداخل في لحظة ما موجباً، عليه فإن الثنائي D_1 يكون في حالة توصيل أمامي بينما D_2 يكون في حالة توصيل عكسي. يعمل التيار المار في الثنائي D_1 على شحن المكثف C_1 إلى أن يصبح فرق الجهد بين لوحيه مساوياً لأكبر قيمة جهد في الدائرة وهو سعة الموجة الداخلة V_m .

أما إذا كان الجهد الداخل سالباً الثنائي D_2 يكون في حالة توصيل أمامي بينما الثنائي D_1 يكون في حالة توصيل عكسي وعليه سيشحن المكثف C_1 إلى أن يصبح الجهد بين لوحيه مساوياً لسعة الموجة الداخلة V_m كما هو موضح في الشكل:

إذا قسنا الجهد بين النقطتين (1)، (2) في الشكل (4) نجد أن فرق الجهد بينهما (الجهد الخارج من الدائرة عبارة عن حاصل جمع فرق الجهد بين لوحي المكثف الأول وفرق الجهد بين لوحي المكثف الثاني). حيث أن فرق الجهد بين لوحي أي من المكثفين يساوي V_m فإن الجهد الخارج سيكون مساوياً لضعف سعة الموجة الداخلة كما هو موضح في الشكل.



شكل (4)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ثنائيان بلوريان ،مذبذب مكثفان ،متساويان، راسم الذبذبة المهبطي.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل(4) مستخدماً موجة جيبية سعتها 5 فولت وترددها

$$1 \text{ kHz} \text{ واختار } C_1 = C_2 = 1 \mu F$$

2. أوصل أحد قناتي راسم الذبذبة المهبطي بين طرفي المذبذب وأرسم شكل الموجة الداخلة على ورقة بيانية وتأكد من قيمتي السعة، والتردد.

3. أفصل راسم الذبذبة المهبطي وأوصله الآن. بين النقطتين (1) (2) حول نمط الراسم إلى DC وأرسم الجهد الخارج. قس الجهد الخارج.

النتائج والحسابات :

1. أحسب سعة الموجة الداخلة V_m .

2. أحسب قيمة الجهد الخارج V_0 .

3. قارن بين القيمة العملية، النظرية للجهد الخارج.

الأسئلة

1. هل يغير تردد الإشارة الداخلة من شكل الجهد الخارج؟ ولماذا؟

2. هل تغير قيمة سعة المكثفات المستخدمة من شكل الجهد الخارج؟

3. ماذا يحصل لو استخدم مكثفان مختلفان . السعة ؟

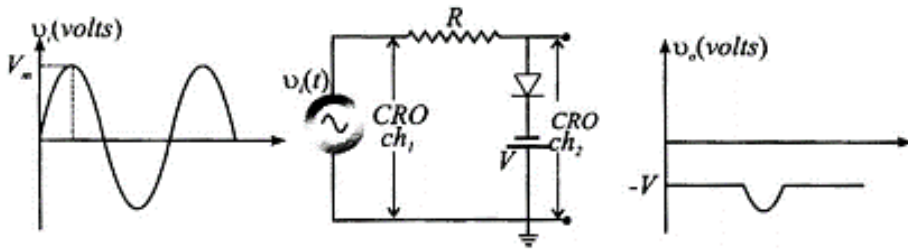
4. أرسم شكل الجهد الخارج إذا عكس أقطاب كل من D_1 و D_2 موضحاً كيفية عمل الدائرة.

d. دوائر القطع أو تحديد الجهد Clippers:

النظرية :

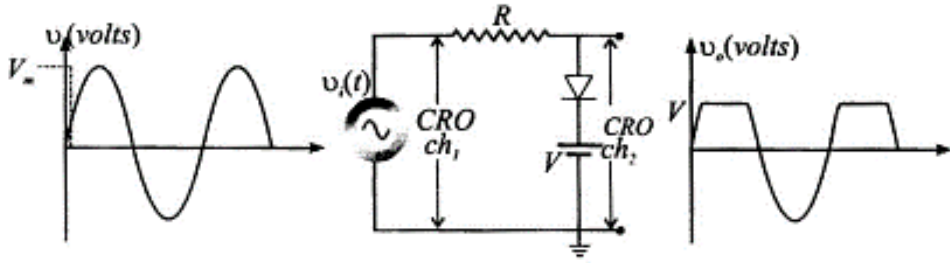
الدائرة المبينة في شكل (5) تمثل دائرة محدد لشكل الموجة الداخلة حيث يعمل مصدر الجهد المستمر المضاف إلى الدائرة على قطع جزء من القمة الموجبة للإشارة الداخلة وفقاً لقيمة الجهد المستمر ($+V$) كما هو موضح في الشكل:

أما إذا استخدم مصدر جهد مستمر سالب كما في شكل (6) فإن دائرة سوف تحافظ على جزء من القمة السالبة فقط للإشارة الداخلة كما هو موضح في شكل (6).



شكل (6)

ويشترط في كلا الدائرتين أن يكون قيمة الجهد المستمر أقل دائماً من قيمة سعة الموجة الداخلة أي أن $V_m > V$ ولشرح عمل دوائر القطع تستذكر خاصية الثنائي البلوري وهو توصيل التيار عندما يكون في حالة توصيل أمامي وعدم التوصيل في حالة التوصيل العكسي. إذا كان الجهد الداخل أكبر من V فإن الثنائي يكون في حالة توصيل أمامي وعليه يعمل الثنائي عمل مفتاح كهربائي مغلق ويكون الجهد الخارج مساوياً لجهد المصدر المستمر $\pm V$ أما إذا كان الجهد الداخل أقل من V فإن الثنائي يعمل عمل مفتاح كهربائي مفتوح وعليه يكون الجهد الخارج مساوياً للجهد الداخل.



شكل (5)

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

ثنائيان بلوريان، مصدر جهد مستمر، مذبذب، مقاومة، راسم الذبذبة المهبطي.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة الإلكترونية المبينة في شكل (5) مستخدماً موجة جيبية سعتها 10 فولت ومقاومة $1\text{ k}\Omega$ وجهد مستمر مقداره 5 فولت
2. أرسم الشكل الموجي لكل v_i , v_o بواسطة قناتي راسم الذبذبة المهبطي.
3. أعكس قطبي المصدر المستمر V كما في شكل (6) وأرسم شكل الموجة الداخلة الخارجة. يلاحظ تغير نمط القناة الثانية إلى DC
4. أعكس وضع الثنائي البلوري في كل من شكل (5) و (6) وأرسم شكل الموجة الداخلة، الخارجة.

النتائج والحسابات :

اشرح عمل كل دائرة على حدة بالتفصيل. قارن بين النتائج العملية من حيث شكل الموجة الخارجة وموضع القطع مع ما هو متوقع نظرياً.

الأسئلة

- اشرح عمل دائرة القطع عند استخدام مصدر جهد مستمر مقداره 10 فولت أرسم شكل الموجة الخارجة.
- أرسم دائرة تمكنا من الحصول على موجة خارجة مربعة الشكل من إشارة دخول جيبية.
- ما هي علاقة دائرة المقوم النصفى بدوائر القطع؟

e. دوائر القمط أو تثبيت الجهد Clampers

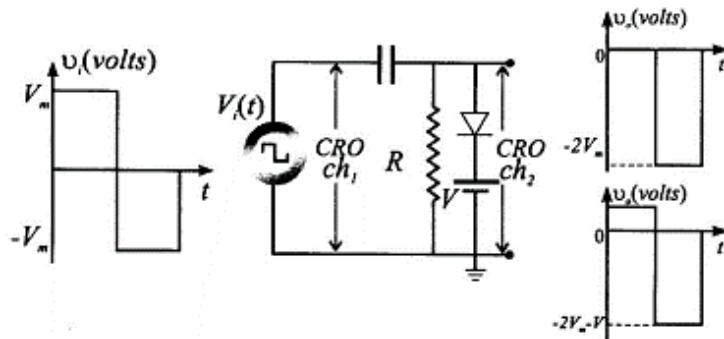
النظرية :

الدائرة الموضحة في شكل (7) تستخدم في تثبيت جهد الإشارة الداخلة أو قمطها إلى أسفل. إذا افترضنا أن جهد المصدر المستمر يساوي صفر وأن الموجة الداخلة مربعة سعتها V_m وكان الجهد الداخل يساوي $\pm V_m$ فإن الثنائي البلوري يكون في حالة توصيل أمامي وعليه يكون الجهد الخارج مساوي (صفر) ويشحن المكثف إلى جهد يساوي V_m . أما إذا كان الجهد الداخل سالب ($-V_m$) فإن الثنائي البلوري موصل عكسياً أي أن لا يسمح بمرور التيار وبذلك يكون الجهد الخارج المجموع الجبري لفرق جهد الذبذبة فرق الجهد بين لوحَي المكثف، أي أن $V_0 = 2 V_m$

الآن نضع جهد المصدر المستمر مساوي لـ V بحيث $V < V_m$ يوصل الثنائي البلوري خلال نصف الدورة الموجب للموجة المربعة ويشحن المكثف إلى أن يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى أكبر قيمة جهد في الدائرة وهو $V_m - V$ ويكون الجهد الخارج يساوي V أما خلال نصف الدورة السالب فإن الثنائي لا يقوم بالتوصيل وعليه يكون الجهد الخارج مساوياً للمجموع الجبري لكل من جهد المذبذب وفرق الجهد بين لوحَي المكثف أي :

$$V_0 = 2 V_m - V$$

ويكون شكل الموجة الخارجة كما هو موضح في شكل (7)



شكل (7)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ثنائي بلوري، مصدر جهد مستمر، مذبذب مقاومة، مكثف راسم الذبذبة المهبطي.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (7) مستخدماً موجة مربعة ترددها 1 kHz وسعتها 10 فولت ومصدر جهد مستمر قيمته 5 فولت مكثف سعته $1\text{ }\mu\text{F}$ ومقاومة قيمتها $100\text{ k}\Omega$.
2. أرسم على ورقة بيانية كل من الجهد الداخل والجهد الخارج عندما يكون جهد المصدر المستمر يساوي صفر.
3. ثبت جهد المصدر المستمر ليكون مساوياً لـ 5 فولت وأرسم كل من الجهد الداخل، والجهد الخارج.
4. اعكس قطبية الجهد المستمر V وأعد رسم كل من الجهد الداخل والخارج
5. اعكس قطبي الثنائي البلوري وكرر الخطوات 2، 3، 4.

النتائج والحسابات :

أرسم شكل الموجة الخارجة نظرياً لكل حالة على حدة وقلارنها بشكل الموجة الخارجة العملية ناقش أسباب الاختلاف في الشكل إن وجد

الأسئلة:

1. هل يتغير شكل الموجة الخارجة إذا انخفض تردد الإشارة الداخلة؟ ولماذا؟
2. فيما تستخدم دوائر القمط؟
3. هل يتغير شكل الموجة الخارجة إذا تغيرت سعة المكلف؟ ولماذا؟
4. لماذا لم تستخدم موجة جيبيية في دوائر القمط؟

التجربة رقم (78) ثنائي زينر Zener diode

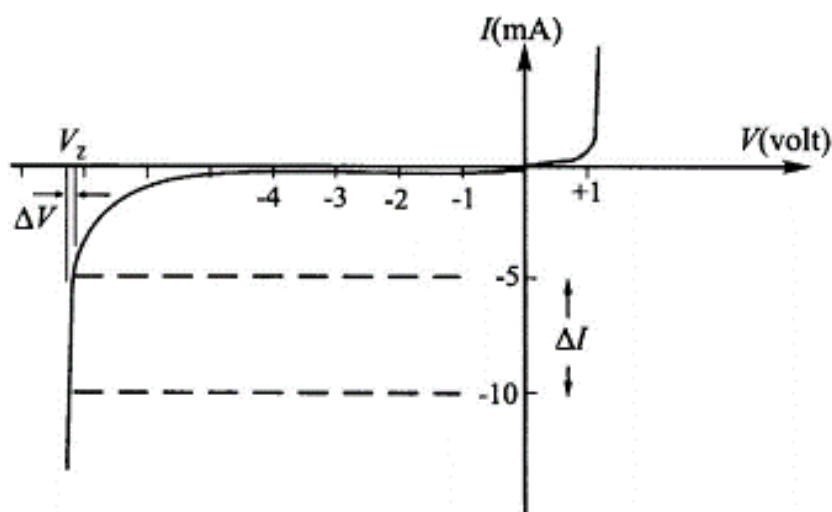
الغرض من التجربة :

دراسة خصائص ثنائي زينر ومعرفة كيفية استخدامه في تنظيم الجهد.

النظرية :

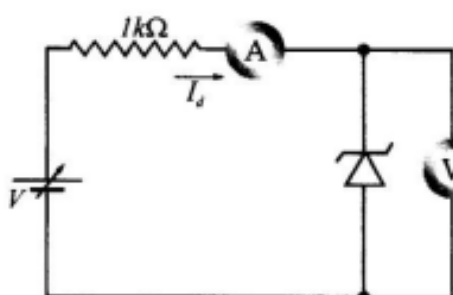
تتم صناعة ثنائي زينر بنفس الطريقة التي تصنع بها الثنائيات البلورية العادية إلا أن تركيز الشوائب في ثنائي زينر يكون عالياً مقارنة بالثنائيات العادية، وهذا يؤدي إلى تضيق منطقة الإستنزاف. يعمل ثنائي زينر عمل الثنائي البلوري عندما يوصل توصيلاً أمامياً، أما إذا وصل توصيلاً عكسياً فإن الحاملات الأقلية تتحرك لتكون التيار العكسي وبزيادة الجهد العكسي سوف لن يزداد عدد الحاملات الأقلية المحدودية عددها (ولكن في المقابل) سوف تزداد سرعتها. ونظراً لضيق منطقة الاستنزاف فإن المجال الكهربائي بين طرفي الثنائي يزداد مما يتسبب في اندفاع الحاملات بسرعة. هائلة تكسبها طاقة تمكنها من تحرير إلكترونات التكافؤ من مداراتها وهذه بدورها تحرر إلكترونات أخرى وهكذا يحدث انهيار للبناء البلوري للثنائي يطلق عليه انهيار زينر غير المدمر عندما يصل الجهد العكسي إلى قيمة معينة تسمى جهد زينر Zener Avalanche V_Z (Breakdown Voltage) كما هو مبين في الشكل (1).

يلاحظ من شكل (1) إن الانهيار يحدث تغيراً كبيراً في التيار ΔI يقابله تغير طفيف في ΔV وهذا يدل على أن مقاومة زينر تكون صغيرة جداً $R_Z = \Delta V / \Delta I$ عند نقطة الانهيار وتستخدم هذه الخاصية في تنظيم الجهد (Voltage Regulation) في بعض الدوائر الإلكترونية.

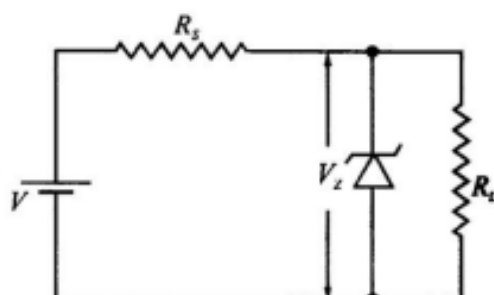


شكل (1)

تعمل الدائرة المبينة في شكل (2) كمنظم للجهد حيث توصل مقاومة الحمل R_L بين طرفي ثنائي زينر لتثبيت الجهد بين طرفيها عند قيمة ثابتة مساوية لـ V_Z حتى ولو تغيرت قيمة الجهد المستخدم في الدائرة وكذلك يبقى الجهد بين طرفي المقاومة ثابتاً عند V_Z حتى ولو تغيرت قيمة مقاومة الحمل نفسها R_L وهذا ما سوف نراه لاحقاً.



شكل (3)



شكل (2)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ثنائي زينر، صندوق مقاومات عدد (2) مللي أميتر وفولتميتر، مصدر جهد مستمر ($\pm 15 V$)

خطوات العمل :

- a. أوصل الدائرة الإلكترونية الموضحة في شكل (3)
- b. غير الجهد V وسجل قيمة كل من I_d و V_d إلى أن نصل الانهيار V_d عند قيمة محددة . هي V_Z ورتب النتائج في الجدول الاتي:

$-V$		-3	-2	-1	0	$V_d(V)$
					0	$I_d(V)$

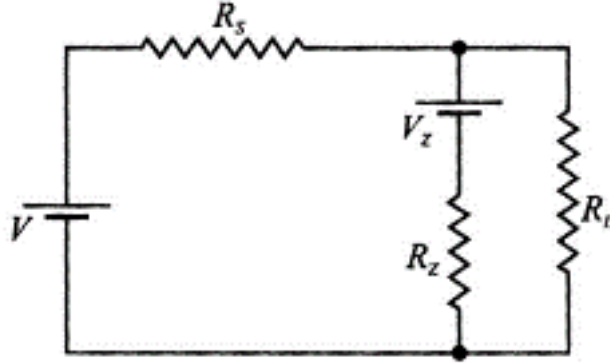
c. أرسم العلاقة بين من I_d و V_d على ورقة بيانية وحدد قيمة عملياً.

d. أحسب مقاومة ثنائي زينر R_Z عند الانهيار.

تنظيم الجهد:

بعد معرفة كل من R_Z, V_Z يمكن تصميم دائرة لتنظيم الجهد كذلك المبينة في شكل (2). إذا مثلنا ثنائي زينر بمصدر جهد يساوي V_Z على التوالي مع مقاومة مساوية لـ R_Z نحصل على الدائرة المكافئة المبينة في شكل (4) وبمعلومية القيمة القصوى للتيار المسموح مروره في الثنائي I_{ZM} وقيمة مقاومة الحمل والجهد المستخدم V يمكن حساب قيمة المقاومة R_S كالآتي:

$$R_S = \frac{V - (V_Z + I_{ZM}R_Z)}{I_{ZM} + \left(\frac{V_Z + I_{ZM}R_Z}{R_L}\right)} \quad (1)$$



شكل (4)

و الآن يمكننا حساب مدى R_L ($R_L min \leq R_L \leq R_L max$) يسمح كمقاومة حمل وتضمن أن الجهد بين طرفيها يظل ثابتاً عند قيمة V_Z دون أن يتضرر الثنائي ويمكن تحديد مدى R_L كالآتي:

$$R_L min = R_S (V_Z / V - V_Z) \dots\dots (2)$$

و

$$R_L max = \frac{R_S (V_Z + I_{ZM} R_Z)}{V - V_Z + I_{ZM} + (R_Z + R_S)} \quad (3)$$

وكذلك إذا افترضنا أن مقاومة الحمل ثابتة فإنه يمكن حساب مدى الجهد

V ($V min \leq V \leq V max$) الذي يسمح للدائرة بالعمل كمنظم. حيث نختار قيمة مقاومة الحمل R_L لتكون ضمن المدى المسموح به ونحسب مدى V كالآتي :

$$V min = V_Z \frac{(R_S + R_L)}{R_L} \dots\dots (4)$$

و

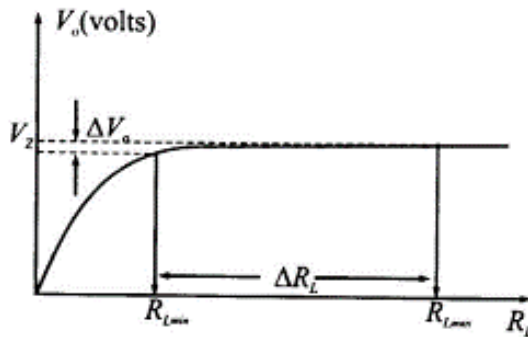
$$V max = V_Z \frac{(R_S + R_L)}{R_L} + I_{ZM} \left(\frac{R_S (R_L + R_Z)}{R_L} + R_Z \right) \quad (5)$$

خطوات العمل :

- أ. أوصل الدائرة الإلكترونية المبينة في شكل (2).
- ب. حدد قيمة الجهد المستمر المستخدم ، V ، أكبر تيار يسمح بمروره خلال الثنائي.
- ت. باستخدام المعادلة (1) أحسب R_S .
- ث. غير في قيمة المقاومة R_L تدريجياً وسجل قيمة V_0 وضع جدول كالمبين ملاحظاً ألا تتعدى R_L قيمة القراءات في R_{Lmax} المحسوبة من المعادلة (3).

$R_L \max$					0	$R_L (\Omega)$
						$V_0(V)$

- ج. ارسم علاقة بيانية بين R_L على محور السينات و V_0 على محور الصادات لتحصل على منحنى كالمبين في شكل (5).

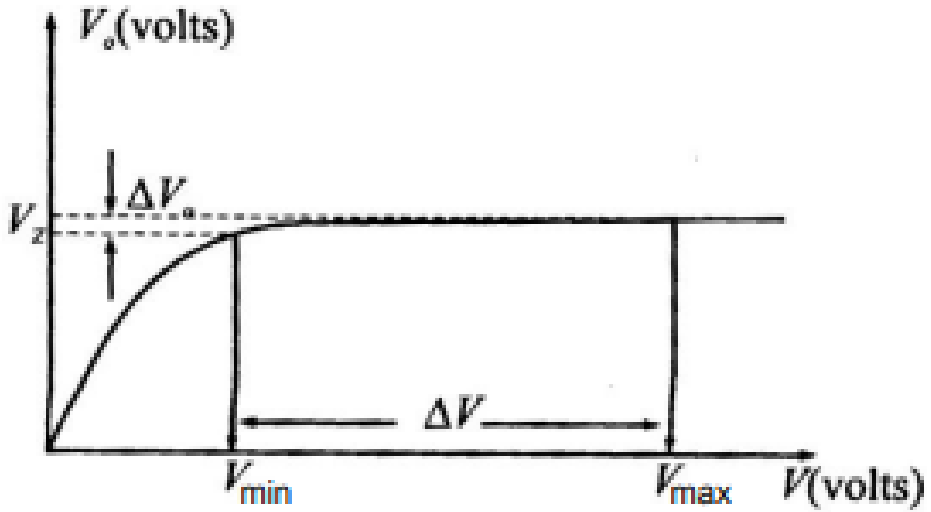


شكل (5)

ح. ثبت قيمة R_L عند قيمة بين $R_{L\min}$ و $R_{L\max}$ ثم غير في قيمة الجهد V وسجل كل من V_0 , V بحيث لا يتعدى V قيمة $V_{\max}$ وضع القراءات في جدول كالمبين:

$V_{\max}$		V_Z				$V(V)$
		V_Z				$V_0(V)$

7. أرسم علاقة بيانية بين V_0 , V لتحصل على منحنى كالمبين:



شكل (6)

النتائج والحسابات :

1. أحسب قيمة كل من R_Z و V_Z عملياً.
2. أحسب النسبة المئوية للتغير في R_L وما يقابلها من تغير في V_0 وناقش النتيجة.
- 3 أحسب بيانياً $R_L \min$ وقارنها بالنسبة النظرية معادلة (2).
4. أحسب النسبة المئوية للتغير في V وما يقابلها من تغير في V_0 وناقش النتيجة.
5. أحسب $V_{\min}$ بيانياً وقارنها بالقيمة النظرية معادلة (4).

الأسئلة

1. ما هي قيمة الجهد السالب الذي يبدأ عنده الثنائي بالتوصيل؟
2. ما هو انهيار زيتر؟
3. ما هو الدور الذي تقوم به المقاومة R_S في دائرة تنظيم الجهد؟
4. ما هي ملاحظاتك على الجهد الخارج V_0 عند تغيير كل من R_L و V وهل يظل ثابتاً فعلاً عند قيمة V_Z ؟ ولماذا؟

التجربة رقم (79)

خصائص الترانزستور ذو الباعث المشترك

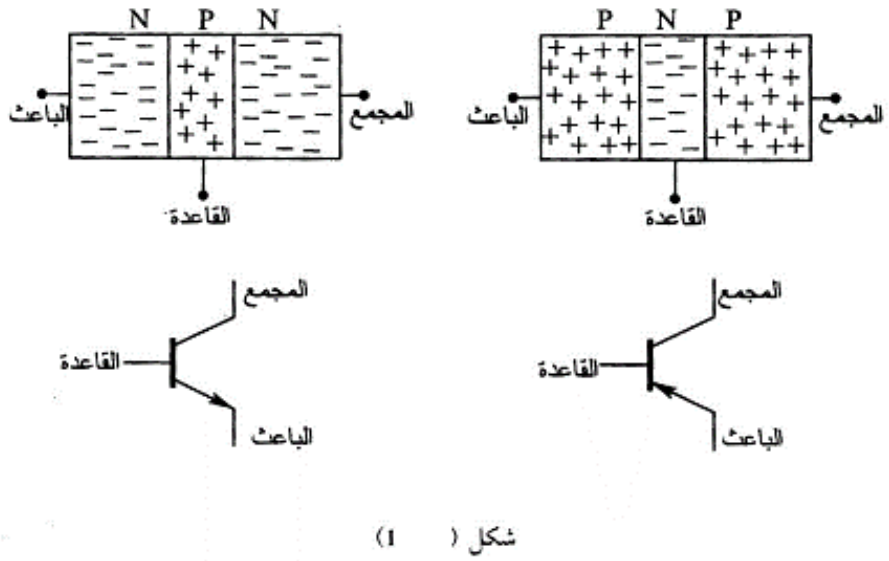
Common emitter transistor characteristics.

الغرض من التجربة :

التعرف على الترانزستور وطرق توصيله ودراسة خصائص الترانزستور ذو الباعث المشترك، وحساب معاملات الهجين لهذا الترانزستور.

مقدمة :

الاهتمام المتزايد والمستمر بدراسة أشباه الموصلات أدى إلى اكتشاف نبیطة أخرى تعرف بالترانزستور transistor وهما نوعان: ترانزستورات مفرقيه junction transistor و ترانزستورات تأثير المجال field effect transistor يكون اهتمامنا في هذه التجربة بالنوع الأول منها، وهي تصنع بحيث توضع طبقة رقيقة من شبه الموصل نوع سالب بين طبقتين من النوع الموجب ويسمى هذا النوع نوع PNP أو أن توضع طبقة رقيقة من شبه الموصل نوع موجب بين طبقتين من النوع السالب لنحصل على الترانزستور نوع NPN. تسمى الطبقة الأولى بالباعث emitter وهي مصدر حاملات التيار أما الطبقة الوسطى فتمثل القاعدة base والتي تتحكم في سريان التيار والطبقة الثالثة تمثل المجمع collector كما هو مبين في شكل (1) تلاحظ أن الترانزستور يتضمن ثنائيتين: ثنائي مكون من الباعث والقاعدة والآخر مكون من القاعدة والمجمع، في أكثر الاستخدامات العملية يكون الثنائي المكون من الباعث والقاعدة في حالة التوصيل الأمامي بينما يوصل الثنائي المكون من القاعدة. والمجمع توصيلاً عكسياً، ويمكن توصيل الترانزستور بتراكيب مختلفة حسب الهدف الذي يناط به وهم:

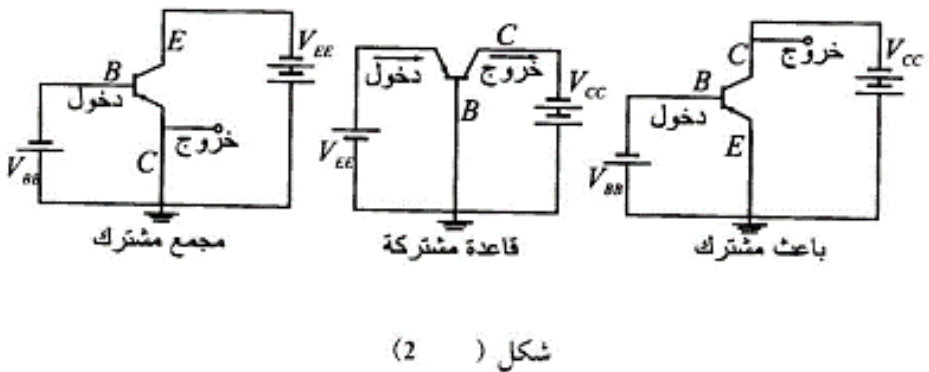


تركيب الباعث المشترك common emitter configuration

تركيب القاعدة المشتركة common base configuration

تركيب المجمع المشترك common collector configuration

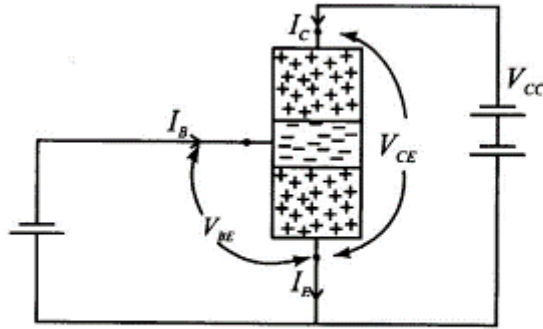
كما هو مبين في شكل (2) وستقتصر دراستنا في هذه التجربة على دائرة الباعث المشترك.



النظرية :

يمثل شكل (3) دائرة ترانزستور ذو باعش مشترك حيث يكون الباعش مشتركاً بين دائرتي الدخول عن طريق القاعدة والخروج (عن طريق المجمع)، تلاحظ أن الثنائي المكون من الباعش والقاعدة موصلاً توصيلاً أمامياً عن طريق مصدر الجهد المستمر V_{BB} بينما يكون الثنائي المكون من المجمع والقاعدة موصلاً توصيلاً عكسياً عن طريق المصدر المستمر V_{CC} ويراعى أن تكون قيمة V_{CC} أكبر كثيراً من V_{BB} لتكون تيار الباعش I_E في القاعدة تنقسم الحاملات إلى جزئين: الجزء الأكبر منها ينتقل إلى المجمع ليكون تيار المجمع I_C بفعل الجهد العكسي V_{CC} بينما جزء ضئيل جداً ينتقل إلى دائرة الدخول مكوناً تيار القاعدة I_B وقد أُصطلح على تسمية النسبة بين I_C و I_E وقد أُصطلح على تسمية النسبة بين I_C و I_E بـ (α) حيث (α) كسر تتراوح قيمته بين 0.9 و 0.999 وعليه يكون :

$$I_C = \alpha I_E$$



شكل (3)

$$I_E = I_C + I_B \dots \dots \dots (1)$$

وبما أن

$$I_B = (1 - \alpha)I_E$$

ولا ننسى أن هناك تيار عكسي يمر عبر منطقة الاستنزاف بين المجمع والقاعدة يعرف بتيار التسريب

leakage current ويرمز له بالرمز I_{CBO}

إذا القيمة الكلية لـ I_C هي :

بتعويض المعادلة (1) في المعادلة (3):

$$I_C = \alpha (I_C + I_B) + I_{CBO}$$

$$(1 - \alpha)I_C = \alpha I_B + I_{CBO}$$

$$I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$$

$$I_C = \beta I_B + I_{CBO} \quad (4)$$

حيث:

بمقارنة حدي المعادلة (4) نلاحظ أن الحد 30 أكبر بكثير الحد βI_B ولذلك يمكن أن نكتب

معادلة (4) بالصيغة التقريبية الآتية:

$$I_C \cong \beta I_B$$

وعليه تكون β هي النسبة بين تيار الخروج I_C وتيار الدخول I_B وهو ما يعرف بمعامل تكبير التيار وهو كما تعلم أنه مقدار كبير يتراوح بين 10 - 1000 ولهذا يعرف الترانزستور ذو الباعث المشترك بقدرته على تكبير التيار وكذلك بإمكانه تكبير الجهد والقدرة حيث أن مقاومة دائرة الدخول R_i صغيرة جداً (مقاومة ثنائي في حالة توصيل أمامي) بينما مقاومة دائرة الخروج R_o كبيرة جداً (مقاومة ثنائي في حالة توصيل عكسي) وعليه تكون النسبة بين الجهد الخارج إلى الجهد الداخل كالآتي:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{I_C R_o}{I_B R_i} = \beta \left(\frac{R_o}{R_i} \right) \quad (5)$$

وهي نسبة كبيرة جداً في الحقيقة من معامل تكبير التيار لأن (R_0/R_i) أكبر من واحد
 كنتيجة مباشرة هو قدرة الترانزستور على تكبير PR القدرة.

$$\frac{P_0}{P_i} = \quad (6)$$

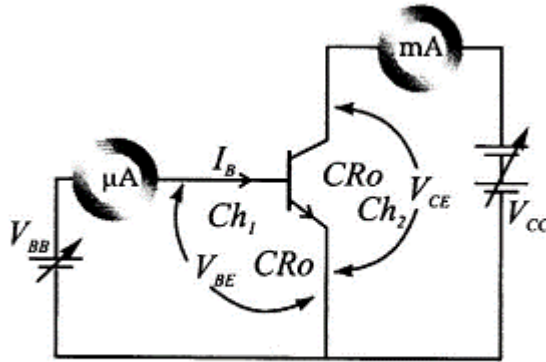
$$\frac{I_C^2 R_0}{I_B^2 R_i} = \beta^2 \left(\frac{R_0}{R_i} \right)$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ترانزستور نوع NPN مصدران للجهد المستمر، مقاومة، فولتمتر عدد (2)، ملي أميتر، ميكروأميتر.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (4)



شكل (4)

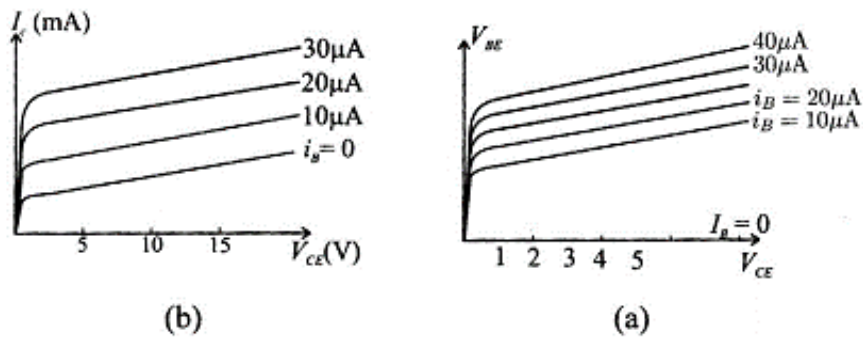
2. اجعل $I_B = 0$ ثم غير V_{CC} وسجل قيمة كل من I_C, V_{CE}, V_{BE}

3. غير V_{BB} ليكون $I_B = 10\mu A$ ثم غير V_{CC} وسجل قيمة كل من I_C, V_{CE}, V_{BE}

4. غير V_{BB} ليصبح ($I_B = 20, 30, 40, 50, \dots \dots \mu A$) وكرر الخطوة 3 وضع النتائج في جدول (1)

$I_B = 20\mu A$		$I_B = 10\mu A$		$I_B = 0\mu A$		
$I_C(mA)$	$V_{BE}(V)$	$I_C(mA)$	$V_{BE}(V)$	$I_C(mA)$	$V_{BE}(V)$	$V_{CE}(V)$
						0
						↓
						15V

5. أرسم العلاقة البيانية بين I_C, V_{CE} على ورقة بيانية واحدة لقيم المختلفة كما في شكل a5)



شكل (5)

6. أرسم العلاقة البيانية بين V_{BE}, V_{CE} على ورقة بيانية واحدة لقيم المختلفة كما في شكل (b5)

7. غير V_{CC} لتثبيت $V_{CE} = 2V$ ثم غير V_{BB} لتسجيل قيم مختلفة من I_C, I_B, V_{BE}

8. غير V_{CC} لتثبيت $V_{CE} = 5V$ وكرر الخطوة 7 وضع القراءات في جدول (2)

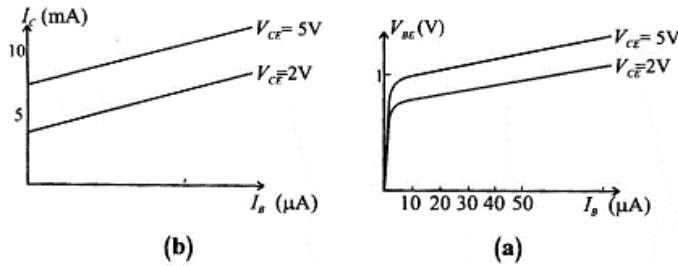
$V_{CE} = 5V$		$V_{CE} = 2V$		$V_{BE}(V)$
$I_C(mA)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$	$I_B(\mu A)$	
				0
				0.1
				↓
				0.7V

9. أرسم العلاقة البيانية بين V_{BE} , I_B عند القيم المختلفة لـ V_{CE} على ورقة بيانية واحدة

لتحصل على شكل (a 6).

10. أرسم العلاقة البيانية بين I_C و I_B عند قيم مختلفة لـ V_{CE} على ورقة بيانية واحدة

لتحصل على شكل (b 6).



شكل (6)

النتائج والحسابات :

A. من العلاقة البيانية المبينة في شكل (5 b) أحسب المعامل الهجيني hoe لكل قيمة I_B حيث:

$$hoe = (\Delta I_C / \Delta V_{CE})_{I_{Bconst}}$$

B. من العلاقة البيانية المبينة في شكل (5 b) أحسب المعامل الهجيني hre لكل قيمة I_B حيث :

$$hre = (\Delta V_{BE} / \Delta V_{CE})_{I_{Bconst}}$$

C. من العلاقة البيانية المبينة في شكل (5 a) أحسب المعامل الهجيني hie لكل قيمة V_{CE} حيث :

$$hie = (\Delta V_{BE} / \Delta I_B)_{V_{CEconst}}$$

D. العلاقة البيانية المبينة في شكل (6 b) أحسب المعامل الهجيني hfe لكل قيمة I_B حيث :

$$hfe = (\Delta I_C / \Delta I_B)_{V_{CEconst}}$$

الأسئلة :

(a) ماذا يعني مرور تيار في دائرة المجمع I_C عندما يكون تيار الدخول I_B يساوي الصفر؟

(b) ما مدى اعتماد β على قيم V_{CE} استعن بالعلاقة (6 b)

(c) ما قيمة V_{BE} التي يبدأ عندها I_B بالمرور؟ وماذا تستنتج من ذلك؟

(d) ارسم دائرة لرسم منحنيات الخصائص الترانزستور نوع PNP .

التجربة رقم (80)

استقرارية نقطة عمل الترانزستور

Stability of Transistor Operating Point

الغرض من التجربة :

دراسة مدى استقرارية نقطة عمل الترانزستور ذو الباعث المشترك في دوائر الانحياز المختلفة.

مقدمة :

يراعى عند استخدام الترانزستور في الدوائر الإلكترونية استقرار نقطة التشغيل عند عدم وجود إشارة وعدم تأثرها بتغير درجة الحرارة وحيث أن الارتفاع في درجة الحرارة يتسبب في زيادة حاملات الشحنة الأقلية minority carriers التي يمكنها أن تنفذ خلال الوصلة لتسبب في مرور تيار التسريب reverse saturation current والذي يؤثر على تيار المجمع I_C وبالتالي على نقطة التشغيل، لذلك يجب دراسة تأثير درجة الحرارة على نقطة تشغيل الترانزستور لكل من دوائر الانحياز المختلفة.

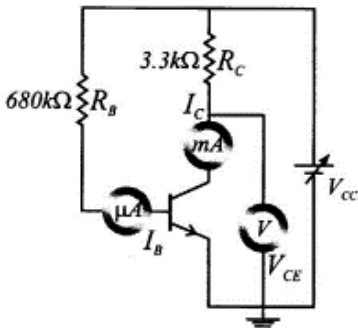
دوائر الانحياز :

• دائرة انحياز التيار الثابت غير

المستقر Unstabilized Bias :

وهي كما في الشكل (1)، وفيها تستخدم

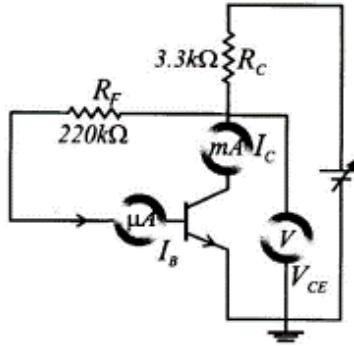
المقاومة R_S لتعطي تيار ثابت للقاعدة I_B



شكل (1)

2. دائرة انحياز الجهد المستقر Voltage Stabilized bias :

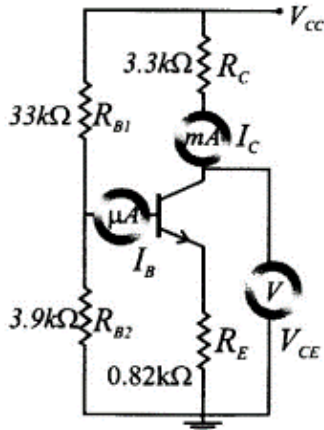
وهي كما في شكل (2) وفيها تستخدم المقاومة R_B لتسحب تيار القاعدة من جهد المجمع وعليه إذا ارتفع تيار المجمع هبط جهده وذلك يتسبب في انخفاض تيار القاعدة وبالتالي تيار المجمع فيستقر جهد المجمع، بالطبع سوف يتغير تيار المجمع ولكن أقل من دائرة الانحياز الثابت.



شكل (2)

3. دائرة انحياز التيار المستقر Current Stabilized Bias :

وفيها توصل المقاومة R_E بالباعث حيث تؤدي زيادة في تيار المجمع إلى زيادة في جهد الباعث والذي بدوره يقلل الجهد بين الباعث والقاعدة حيث يتسبب ذلك في انخفاض تيار القاعدة وكذلك تيار المجمع وبهذا تكون الدائرة أكثر استقرارية من سابقتها.



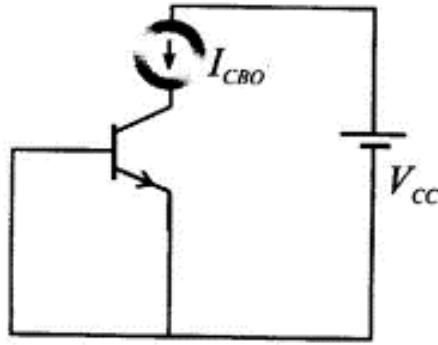
شكل (3)

نظرية التجربة :

تعتمد استقرارية أي دائرة من دوائر الانحياز على مدى تغير I_C مع كل من I_{CBO}, V_{BE}, β حيث β هي معامل تكبير التيار و V_{BE} هو فرق الجهد بين القاعدة والباعث و هو تيار التسريب بين القاعدة والمجمع عندما يكون الباعث مفتوحاً كما في شكل (A).

أي أن :

$$I_C = f + (I_{CBO}, V_{BE}, \beta) \dots \dots \dots (1)$$



شكل (A)

$$\begin{aligned} dI_C &= \frac{\partial I_C}{\partial I_{CBO}} dI_{CBO} + \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} dV_{BE} + \frac{\partial I_C}{\partial \beta} d\beta \\ &= S dI_{CBO} + \hat{S} dV_{BE} + S'' d\beta \end{aligned} \quad (2)$$

حيث:

$$S = \left(\frac{\partial I_C}{\partial I_{CBO}} \right) , \beta, V_{BE} \text{ عند ثبوت كل من}$$

عند ثبوت كل من β, I_{CBO} ، $\hat{S} = \left(\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \right)$

عند ثبوت كل من β, V_{BE} ، $S'' = \left(\frac{\partial I_C}{\partial \beta} \right)$

وعليه يكون معاملات الاستقرار كما في الجدول

نوع الدائرة	S	$\hat{S}$	S''
دائرة الانحياز الثابت غير المستقر I	$1 + \beta$	$\frac{-\beta}{R_B}$	$\frac{-I_{C1}}{\beta_1}$
دائرة انحياز الجهد المستقر II	$\frac{R_C + R_F}{R_C + R_F(1 + \beta)}$	$\frac{-\beta}{R_C + R_F(1 + \beta)}$	$\frac{I_{C1}S_2}{\beta_1(1 + \beta_2)}$
دائرة انحياز التيار III	$\frac{R_E + R_{BB}}{R_E + R_{BB}(1 + \beta)}$	$\frac{-\beta}{R_{BB} + R_E(1 + \beta)}$	$\frac{I_{C1}S_2}{\beta_1(1 + \beta_2)}$

حيث S_2 هي قيمة S عند قيمة $\beta_1 = \beta_2$ و $R_{BB} = \frac{R_{B1}R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$

من معادلة (1)

$$\frac{\partial I_C}{\partial I_{CBO}} = S + \hat{S} \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_{CBO}} + S'' \frac{\partial \beta}{\partial I_{CBO}} \dots \dots \dots (3)$$

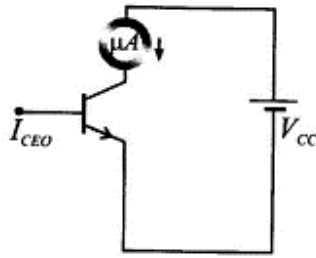
$$\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} = S \frac{\partial I_{CBO}}{\partial V_{BE}} + \hat{S} + S'' \frac{\partial \beta}{\partial V_{BE}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\partial I_C}{\partial \beta} = S \frac{\partial I_{CBO}}{\partial \beta} + \hat{S} \frac{\partial V_{BE}}{\partial \beta} + S'' \dots \dots \dots (5)$$

ملاحظة:

قد لا تتمكن أجهزة القياس الموجودة في المختبر من قياس التيار I_{CBO} وعليه يمكن استخدام الدائرة المبينة في شكل (B) لقياس التيار I_{CEO} ثم حساب

$$I_{CBO} = \frac{I_{CEO}}{(1 + \beta)}$$



شكل (B)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ترانزستور - مصدر كهربائي مستمر - مقاومات مختلفة - فولتميتر - ميكرو أميتر - مللي أميتر - مصدر جهد متردد للتسخين - ترمومتر.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (4-79) والتي تمثل دوائر الانحياز المختلفة.
2. ضع $S_1 \leftarrow 1$ و $S_2 \leftarrow 1$ للحصول على دائرة انحياز التيار الثابت ثم غير V_{CC} للحصول على

(مثلا) فتكون قيمة $V_{CC} = V_{CC1}$ ثم سجل قيم كل من V_{CE}, V_{BE}, I_B

3. ضع $S_1 \leftarrow 2$ و $S_2 \leftarrow 1$ للحصول على دائرة انحياز الجهد المستقر ثم غير في V_{CC} للحصول على I_C مساوٍ للتيار في الفقرة السابقة وعندها تكون قيمة $V_{CC} = V_{CC2}$ وسجل قيم كل من V_{CE}, V_{BE}, I_B

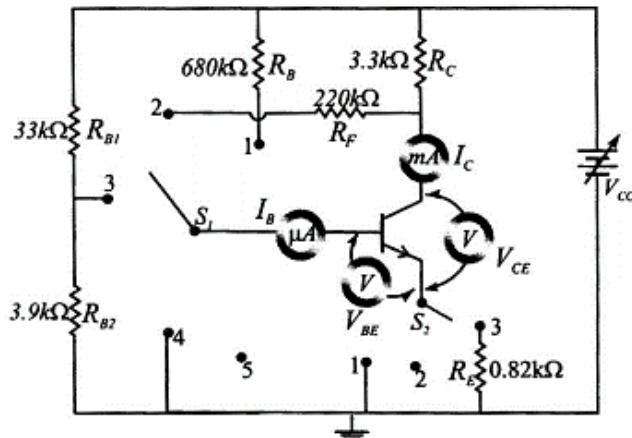
4. ضع $S_1 \leftarrow 3$ و $S_2 \leftarrow 3$ ثم غير في V_{CC} للحصول على نفس قيمة التيار في الفقرتين السابقتين وعندها تكون قيمة $V_{CC} = V_{CC3}$ وسجل قيم كل من V_{CE}, V_{BE}, I_B .

5. ضع $S_1 \leftarrow 5$ و $S_2 \leftarrow 1$ و ضع $V_{CC} = V_{CC1}$ وسجل قيمة I_{CEO} للدائرة الأولى بعد فصل كل من جهاز قياس كل من V_{BE}, I_B ، ثم ضع $V_{CC} = V_{CC2}$ وسجل قيمة I_{CEO} للدائرة الثانية وكذلك الحال بالنسبة للدائرة الثالثة.

6. سخن الترانزستور بمقدار 10°C 10 سجل قيم كل من I_{CEO}, V_{BE}, I_B للدائرة الأولى بعد وضع $V_{CC} = V_{CC1}$ وللدائرة الثانية بعد وضع $V_{CC} = V_{CC2}$ وللدائرة الثالثة بعد وضع $V_{CC} = V_{CC3}$

7. كرر الخطوة 6 إلى تتل درجة حرارة الترانزستور إلى 110°C .

8. ضع النتائج في جدول كالمرفق جدول (1) أثناء عملية التسخين والتبريد.



شكل (6)

(e) عند توصيل $1 \leftarrow S_2$, $1 \leftarrow S_1$

نحصل على دائرة انحياز التيار الثابت I

(f) عند توصيل $1 \leftarrow S_2$, $2 \leftarrow S_1$

نحصل على دائرة انحياز الجهد المستقر II

(g) عند توصيل $3 \leftarrow S_2$, $3 \leftarrow S_1$

تحصل على دائرة انحياز التيار المستقر III

(h) عند توصيل $1 \leftarrow S_2$, $4 \leftarrow S_1$

تحصل على الدائرة في شكل (A) لقياس التيار I_{CBO}

(i) عند توصيل $1 \leftarrow S_2$, $5 \leftarrow S_1$

تحصل على الدائرة في شكل (B) لقياس التيار I_{CEO}

جدول (1)

T°C	الدائرة	V _{CC}	I _C			I _B			V _{BE}			V _{CE}			I _{CEO}			β			I _{CBO}		
			متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين	متوسط	تبريد	تسخين
20°C	I II III	V _{CC1} V _{CC2} V _{CC3}																					
30°C	I II III	V _{CC1} V _{CC2} V _{CC3}																					
40°C	I II III	V _{CC1} V _{CC2} V _{CC3}																					
→																							
110°C	I II III	V _{CC1} V _{CC2} V _{CC3}																					

النتائج والحسابات :

- احسب كل من β, I_{CBO} وضعها في الجدول.
- 1. ارسم علاقة بيانية بين I_{CEO} و I_{CBO} مع درجة الحرارة لكل دائرة وضعها على ورقة بيانية واحدة.
- 3. ارسم العلاقة بين كل من β, I_C مع درجة الحرارة لكل دائرة.
- 4. ارسم العلاقة بين (V_{BE}, I_{CBO}) و (V_{BE}, β) و (β, I_{CBO}) لكل دائرة على ورقة بيانية واحدة ثم احسب ميل كل علاقة على حدة.
- 5. ارسم العلاقة بين (I_{CBO}, I_C) و (V_{BE}, I_C) و (β, I_C) للدائرة الأولى على ورقة بيانية واحدة وللثانية وكذلك الثالثة واحسب ميل كل علاقة .
- 10. احسب $\frac{dI_{CO}}{dI_{CBO}}$ ، $\frac{dI_C}{dV_{BE}}$ ، $\frac{dI_C}{d\beta}$ من المعادلات (3) و(4) و (5) لكل دائرة من دوائر الانحياز الثلاث.
- 11. قارن بين نتائج الخطوة (6) ونتائج الفقرة (5) وضع النتائج في جدول كالمرفق.

$\frac{dI_{CO}}{dV_{BE}}$	$\frac{d\beta}{dV_{BE}}$	$\frac{d\beta}{dI_{CO}}$	$\frac{dI_C}{dI_{CO}}$	$\frac{dI_C}{dV_{BE}}$	$\frac{dI_C}{d\beta}$	
						دائرة I عملي
						دائرة I نظري
						دائرة II عملي
						دائرة II نظري
						دائرة III عملي
						دائرة III نظري

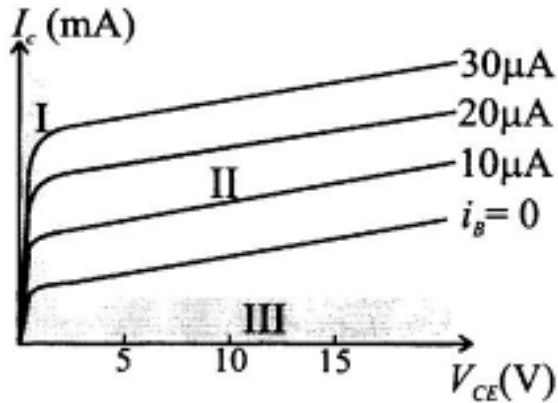
التجربة رقم (81) الترانزستور كمكبر

The Transistor as an amplifier

النظرية :

من دراستنا لخصائص الترانزستور في التجربة السابقة عرفنا أن الترانزستور قادر على تكبير التيار والجهد وكذلك القدرة، وتمكننا من حساب معامل تكبير التيار للترانزستور β وفي هذه التجربة سنحاول فهم كيف يقوم الترانزستور بتكبير الإشارة بالإضافة إلى تصميم مكبر ذو باعث مشترك. يمثل الشكل (1) خصائص دائرة الخرج لترانزستور ذو باعث مشترك بملاحظة الشكل يتبين لنا أن هناك ثلاث مناطق متميزة لعمل الترانزستور :

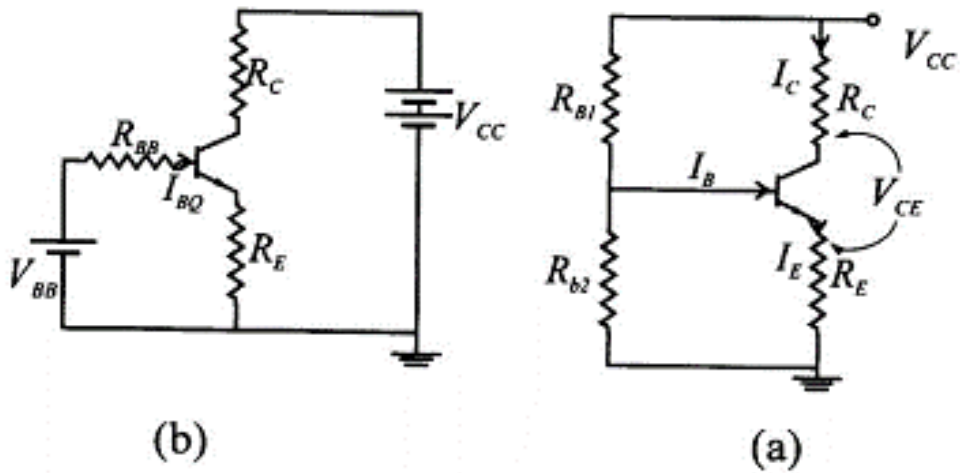
1. منطقة الإشباع saturation region وفيها تكون قيمة V_{CE} صغيرة جداً بينما تكون قيمة التيار I_C كبيرة جداً.



شكل (1)

2. منطقة النشاط أو المنطقة الفاعلة active region وفيها تكون العلاقة بين V_{CE} , I_C خطية تتأثر I_C تأثراً قليلاً به V_{CE} بينما تتأثر كثيراً بقيمة I_B .
3. منطقة القطع cut off region وفيها يكون كل من I_C , I_B مساوياً للصفر مهما كانت قيمة بين V_{CE} .

لتصميم دائرة مكبر، لابد من اختيار نقطة عمل الترانزستور بين Q لتكون في منطقة النشاط (الفاعلة). لتحديد نقطة التشغيل لابد من رسم خط التحميل لدائرة المكبر إذ نختار الدائرة العامة المبينة في شكل - 2 (a) نظراً لاستقراره نقطة التشغيل فيها. وبكتابة معادلة كيرشوف للجهد لدائرة الخروج تحصل على:



شكل (2)

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \dots \dots \dots (1)$$

وللتبسيط نفترض أن $I_C \cong I_E$ لأن I_B صغير جداً مقارنة بكل من I_C , I_E

يمكن كتابة معادلة (1) كالآتي:

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C(R_C + R_E) \dots \dots \dots (2)$$

معادلة (2) معادلة خط مستقيم ميله $\frac{-1}{R_C+R_E}$ ولرسم هذا الخط نفترض النقطتين 1 أو 2:

النقطة 1: عندما $V_{CE} = 0$

$$V_{CC} = I_C(R_C + R_E) \text{ نجد أن}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{(R_C+R_E)} \text{ أي أن}$$

النقطة 2 عندما $I_C = 0$

$$V_{CE} = V_{CC} \text{ نجد أن}$$

∴ إحداثيات النقطة 1 هي : $(V_{CE} = 0, I_C = \frac{V_{CC}}{(R_C+R_E)})$

وإحداثيات النقطة 2 هي : $V_{CE} = V_{CC}, I_C = 0$

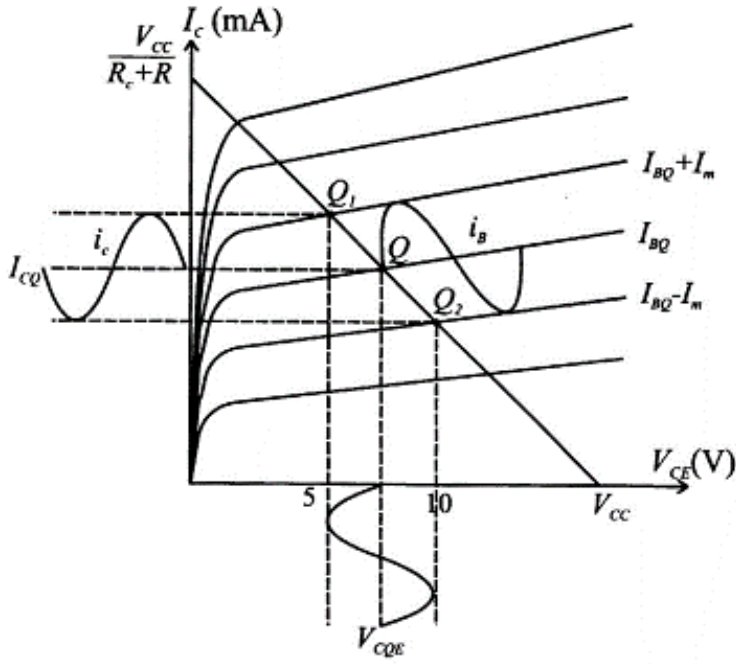
يوضح الشكل (3) خط التحميل لدائرة المكبر حيث رسم على نفس الورقة البيانية مع خصائص الترانزستور لتحصل على حل مشترك لكل من الدائرة والترانزستور نلاحظ أن خط التحميل يقطع منحنيات الخصائص كل في نقطة واحدة. كل نقطة من هذه النقاط تصلح لتكون نقطة تشغيل للمكبر.

ولكن الأفضل أن تكون نقطة التشغيل في منتصف خط التحميل أو قريباً منه. منه ومن الرسم يتضح أن النقطة ي هي أنسب النقاط لتكون نقطة تشغيل المكبر، وعليه تكون إحداثيات نقطة التشغيل كالآتي: V_{CEQ}, I_{CQ}, I_{BQ} لابد من إختيار قيمة المقاومات R_{B1}, R_{B2} ليكون التيار المار في قاعدة الترانزستور مساوياً لـ I_{BQ} . لتسهيل معالجة دائرة الدخول نحولها إلى دائرة ثيفينين المكافئة الموضحة في شكل - 2 b)

$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1 + \beta)R_E} \dots \dots \dots (3)$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} \dots \dots \dots (4)$$

$$R_{BB} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \dots \dots \dots (5)$$



شكل (3)

والآن بعد اختيار نقطة التشغيل نحاول فهم كيف تتم عملية التكبير دائرة الترانزستور ذو الباعث المشترك حيث تسمح بدخول إشارة جيبية

$$v_{\delta} = V_M \sin \omega t \quad : \text{ كما في شكل (4 a).}$$

وبناءً عليه سيمر تيار إلى قاعدة الترانزستور له نفس الشكل الموجي ونفس التردد وسعته تعتمد على كل من مع V_m ومقاومة الدخول للدائرة. ويمكن كتابة التيار المار في القاعدة نتيجة لوجود v_8 هو :

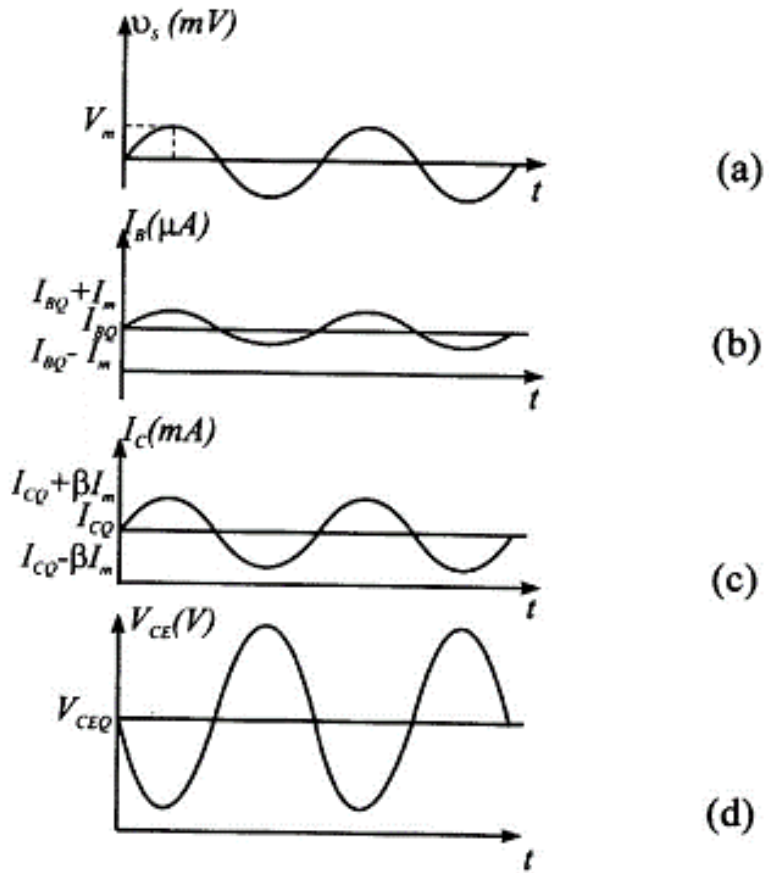
$$i_B = I_m \sin \omega t$$

وتكون محصلة التيار الكلي المار بقاعدة الترانزستور هي:

$$i_B = I_{BQ} + I_m \sin \omega t$$

ويكون الشكل الموجي لهذا التيار كالموضح في شكل (4 b) أي أن القيمة اللحظية لتيار القاعدة ستتذبذب بين قيمة $I_{BQ} + I_m$ و $I_{BQ} - I_m$ أي أن نقطة التشغيل للترانزستور ستتحرك من النقطة Q تدريجياً إلى النقطة Q_2 بزيادة التيار I_B . وعند نقصانه تتراجع إلى أن تصل إلى مكانها الأصلي وتتحرك Q بنقصان I_B إلى النقطة Q_1 وهكذا كما هو موضح في شكل (3). نتيجة لتحرك النقطة Q إلى Q_2 ثم Q_1 ثم Q يتذبذب كل من I_C و V_{CE} حيث يلاحظ أن I_C يزداد بزيادة I_B وتنقص بنقصانه كما في شكل (4 c) ونلاحظ أن V_{CE} تتناقص بزيادة I_B وتزداد بنقصانه أي أن هناك إختلاف في الطور مقداره 180° كما في شكل (4 d) نلاحظ كذلك أن تيار الخروج I_C كبير جداً مقارنة بتيار الدخول وكذلك الجهد الخارج مكبراً كثيراً عن

جهد الدخول ولكنه معكوس أي أن هناك إختلاف في الطور مقداره 180° . عند إضافة مكثفي الدخول والخروج C_i و C_o للدائرة المبينة في شكل (a2) سوف يتم عزل نقطة التشغيل أي الجهد المستمر) ويظهر فقط الجهد المتناوب عند نقطة الخروج V_{CE} وهو ما يطلق عليه ؟ مكبراً ومختلفاً في الطور مع v_8



شكل (4)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ترانزستور نوع NPN، ميكرو أميتر ملي أميتر، فولتميتر، راسم الذبذبة المهبطي.

خطوات العمل :

1. خذ منحنيات الخصائص من التجربة السابقة والمبينة في شكل (a5). حدد نقطة مناسبة

لعمل الترانزستور Q لتقع في وسط منطقة النشاط.

2. حدد قيمة جهد المصدر المستمر المستخدم V_{CC} وأرسم النقطة 2 على محور السينات

$$V_{CE} = V_{CC}$$

3. أوصل باستخدام المسطرة خطاً يمر بكل من النقطة 2 والنقطة Q لتحصل على خط

التحميل الذي سيقطع محور الصادات عند قيمة I_C حيث $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$.

4. احسب قيمة $R_C + R_E$ ثم تجزئتها بنسبة 3:1 وأحسب قيمة كل من R_C, R_E .

5. اقرأ إحداثيات نقطة التشغيل I_{CQ}, I_{BQ}, V_{CEQ} من الرسم البياني وهذه هي ! القيم النظرية

لنقطة التشغيل.

6. استخدم العلاقة المبينة في معادلة (3) لحساب R_{BB} متخذاً $V_{BB} = 1.5 V, V_{BE} =$

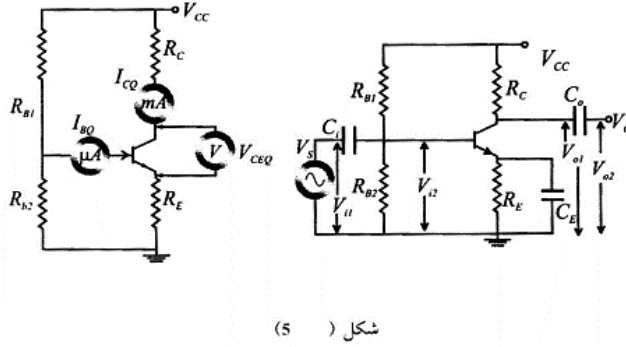
$0.7 V$ وعوض عن قيمة β المتحصل عليها في التجربة السابقة .

7. باستخدام المعادلتين (4) و (5) أحسب كل من R_{B2}, R_{B1}

8. أوصل الدائرة المبينة في شكل (a2) مستخدماً المقاومات التي تم حسابها والترانزستور

الذي سبق رسم خصائصه في التجربة السابقة أو ما يمثله.

9. في إحداثيات نقطة تشغيل الترانزستور عملياً كما هو موضح في شكل (5)



10. أفصل كل من الملي أميتر والميكروأميتر والفولتميتر وأضف المكثفات للدائرة كما في

شكل (6) مستخدماً موجة جيبية سعتها 10mV وتردد 10 kHz و $C_i = C_o = 1\mu F$

و $C_E = 10\mu F$

11. أوصل راسم الذبذبة لرسم كل من v_{i2}, v_{i1}, v_s مع مراعاة استخدام النمط DC لرسم

v_{o1}

12. أوصل راسم الذبذبة المهبطي لرسم كل من v_{o2}, v_{o1} مع مراعاة استخدام النمط DC

الرسم v_{o1} .

13. انزع المكثف C_E وأعد الخطوة (12).

النتائج والحسابات :

- سجل إحداثيات نقطة التشغيل من الرسم البياني خطوة (5).
- قارن بين إحداثيات نقطة التشغيل العملية المتحصل عليها في خطوة (8) مع القراءات النظرية خطوة (5) وأحسب النسبة المئوية للخطأ.
- ناقش الشكل الموجي لكل من V_{i1} , V_{i2} وأذكر الدور الذي يقوم به المكثف .
- ناقش الشكل الموجي لكل من V_{o1} , V_{o2} وأذكر الدور الذي يقوم به المكثف C_o .
- قارن بين الشكل الموجي لكل من V_o , V_8 وأذكر الفرق بينهما.
- ناقش الشكل الموجي لكل من V_{o1} , V_{o2} في خطوة (13) وأذكر الدور الذي يقوم به C_E .
- أحسب معامل تكبير الجهد قيل نزع المكثف وبعد نزعها.

الأسئلة:

- I. اشتق المعادلات (3) و(4) و(5).
- II. أرسم الدائرة المكافئة للمكبر في وجود C_E وبعد نزعها وأوجد معامل تكبير الجهد في الحالتين.
- III. هل هناك اختلاف بين قيمة معامل التكبير نظرياً وعملياً؟ ولماذا؟
- IV. ما هو الدور الذي يقوم به C_o , C_i ؟
- V. اشرح باستخدام كلماتك كيف تم تكبير الإشارة عند مخرج الترانزستور عند دخول إشارة صغيرة إليه عن طريق القاعدة.
- VI. أرسم دائرة مكبر مستخدماً ترانزستور نوع PNP محدداً اتجاه التيارات وقطبية جهد المصدر المستخدم.

التجربة رقم (82) مكبر الباعث المشترك Common emitter amplifier

الغرض من التجربة :

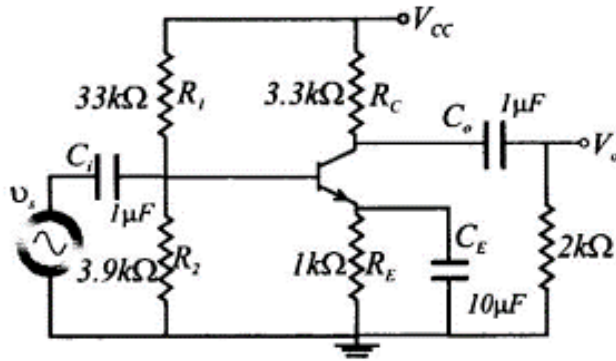
دراسة دائرة مكبر الباعث المشترك ودراسة خواص هذا المكبر : A_{vmid} - مقاومة الدخول Z_i ، مقاومة الخرج Z_o . وعرض النطاق الترددي .bandwidth.

مقدمة :

استخدم في التجربة رقم (79) مصدرين للجهد (V_{BB}, V_{CC}) لرسم خصائص الترانزستور، ومما لاشك فيه إن استخدام مصدر واحد لتشغيل المكبر يعد من الأمور المرغوب فيها لأنه يوفر اقتصاد الطاقة في المستهلكة بالإضافة إلى صغر حجم المكبر الكلي. لذلك أستخدم في هذه التجربة مصدراً واحداً للطاقة V_{CC} على أن تغذي قاعدة الترانزستور عن طريق مجزئ الجهد يوصل بين قطبي النضيدة V_{CC} يراعى في المكبر أن تقع نقطة تشغيله في المنطقة النشطة active region من منحنيات الخصائص وأن تكون نقطة التشغيل مستقرة ولا تتأثر بدرجة الحرارة (يمكن أن يجد الطالب هذا الموضوع في الكتاب النظري) وإنما تتبع فقط جهد الإشارة الداخلي.

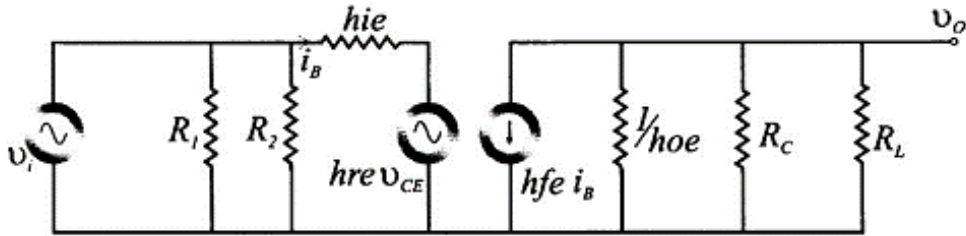
النظرية :

الدائرة المبينة في شكل (1) تمثل مكبر الباعث المشترك باستخدام ترانزستور نوع NPN حيث تغذي القاعدة بنفس مصدر الطاقة المغذي للمجمع عن طريق مجزئ الجهد ، R_1, R_2 . وتعتبر هذه الدائرة من أكثر الدوائر شيوعاً نظراً لاستقرار نقطة التشغيل فيها وإمكانية استخدامها في تكبير التيار والجهد على حد سواء .



شكل (1)

نستبدل دائرة المكبر المبينة في شكل (1) بدائرة خطية مكافئة (عندما يسمح باستخدام إشارة دخول صغيرة حيث يستبدل الترانزستور بدائرة خطية مكونة من معاملات الهجين والتي سبق أن تعرفت عليها وحسبتها في تجربة سابقة وتكون الدائرة المكافئة للمكبر في المدى المتوسط للتردد كما في شكل (2)



شكل (2)

وبتحليل هذه الدائرة نجد أن معامل تكبير الجهد للمكبر في المدى المتوسط للتردد Av_{mid} .

$$Av_{mid} = h_{fe} R_L [h_{ie} + (h_{ie} + (h_{ie} h_{oe} - h_{fe} h_{re}) R_L)] \quad (1)$$

ومقاومة دخول المكبر

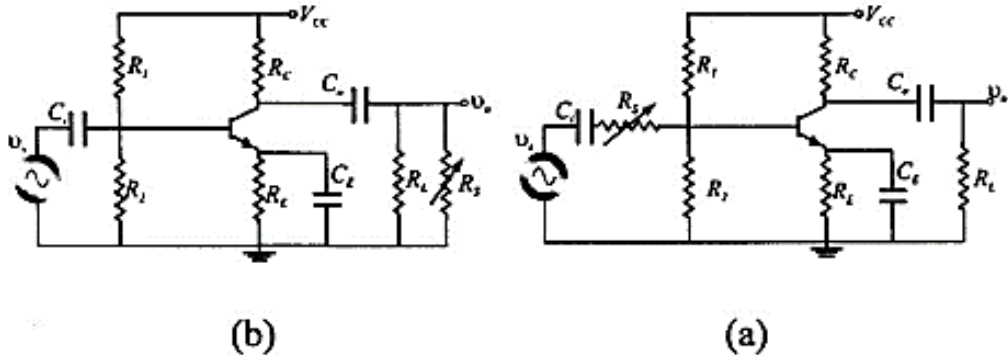
$$Z_i = h_{ie} - h_{fe} h_{re} / (1 + h_{oe} R_L) \quad (2)$$

ومقاومة خروج من المكبر

$$Z_o = 1 / (h_{oe} - h_{fe} h_{re} / (h_{ie} + R_s)) \quad (1)$$

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في الشكل (2) مستخدماً إشارة صغيرة سعتها 10 mV وترددها في المدى المتوسط 10 kHz.
2. أوصل إحدى قناتي راسم الذبذبة المهبطي بالمذبذب والقناة الأخرى بين طرفي المقاومة R_L لمشاهدة كل من الإشارة الداخلة والخارجة (لاحظ أن تكون إشارة الخروج غير مشوهة، مخالفة في الطور ومكبرة).
3. سجل قيمة كل من سعة الإشارة الداخلة وسعة الإشارة الخارجة.
4. أوصل مقاومة متغيرة (صندوق مقاومات) R_s عند مدخل الدائرة كما في شكل (3 a)
5. ضع R_s مساوية للصفر وقس سعة الجهد الخارج v_o
6. زد في قيمة المقاومة R_s حتى تصبح سعة الموجة الخارجة مساوية لنصف قيمة السعة المسجلة في الخطوة السابقة. سجل قيمة R_s حينئذ والتي تساوي مقاومة دخول المكبر Z_i



شكل (3)

7. انزع R_S من دائرة الدخول وأوصلها بين طرفي المقاومة R_L كما هو موضح في شكل (3 b).

8. فك أحد أطراف R_S لتجعل قيمتها (∞) وسجل قيمة سعة الموجة الخارجة v_o

9. أوصل R_S بين طرفي R_L وغير في قيمتها تدريجياً حتى تصل سعة الموجة الخارجة إلى نصف القيمة التي كانت عليها في الخطوة السابقة. سجل قيمة R_S حينئذ والتي تساوي مقاومة الخروج من المكبر Z_o .

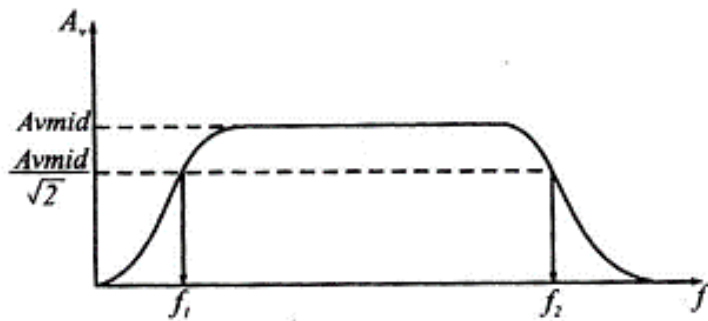
10. انزع R_S من الدائرة وأدرس التغير في معامل تكبير الجهد كدالة للتردد كالآتي:

(أ) اجعل تردد الإشارة الخارجة يساوي أقل قيمة يمكن الحصول عليها في المعمل، سجل كل من سعة الموجة الداخلة والموجة الخارجة.

(ب) زد في تردد الإشارة تدريجياً وفي كل مرة سجل كل من سعة الموجة الداخلة والخارجة حتى تصل إلى أقصى قيمة ممكنة للتردد. وضع النتائج في جدول كالمبين :

$A_v = V_o/V_i$	V_o	V_i	f
			0
			↓
			∞

(ج) أرسم علاقة بيانية بين تردد الإشارة مر ومعامل تكبير الجهد A لتحصل على منحنى كالمبين في شكل (4)



شكل (4)

النتائج والحسابات :

1. أحسب معامل تكبير $Avmnid$ عملياً من النتائج المتحصل عليها في الخطوة رقم (3).
2. قارن بين هذه النتيجة العملية والقيمة النظرية الموضحة في معادلة (1)
3. أحسب قيمة مقاومة الدخول Z_i نظرياً باستخدام المعادلة (2) وقارنها بالقيمة العملية.
4. أحسب قيمة مقاومة الدخول لمكبر Z_o نظرياً باستخدام المعادلة (3) وقارنها بالقيمة العملية.
5. أوجد ترددي نصف القدرة السفلي والعلوي (f_1, f_2) ومن ثم النطاق الترددي للمكبر كما في شكل (4)

الأسئلة:

- أذكر سبب اختلاف الطور بين الإشارة الداخلة والخارجة؟
- ما هو سبب انخفاض الجهد الخارج عند الترددات المنخفضة والترددات العالية؟
- هل بالإمكان حساب النطاق الترددي للمكبر نظرياً؟
- ما مدى تطابق القيم العملية مع القيم النظرية لكل من Z_i, Z_o ؟ $Avmnid$ ؟

التجربة رقم (83)

خصائص ترانزستور تأثير المجال

Characteristics of field effect transistor

الغرض من التجربة :

التعرف على ترانزستور تأثير المجال ودراسة خصائصه.

مقدمة :

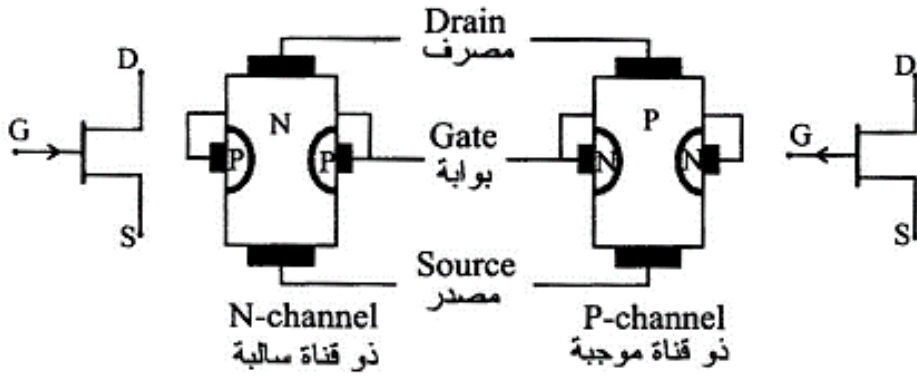
لُوحظ من دراستنا للترانزستور العادي أنه يعتمد في عمله على حركة نوعين من الحاملات حركة الحاملات الأغلبية في حالة التوصيل الأمامي وحركة الحاملات الأقلية في حالة التوصيل العكسي ولهذا يسمى مثل هذا الترانزستور بثنائي القطبية bipolar transistor أما ترانزستور تأثير المجال فيعتمد على حركة نوع واحد من الحاملات ولذلك يطلق عليه ترانزستور أحادي القطبية unipolar transistor . هناك نوعان من ترانزستور تأثير المجال :

النظرية :

ذو القناة السالبة N-channel وذو القناة الموجبة P-channel.

يمثل شكل (1) مقطع لترانزستور تأثير المجال حيث يتكون من ثلاثة أقطاب المصدر source والبوابة gate المصرف drain أما جسم الترانزستور الواقع بين المصدر والمصرف فيمثل القناة التي إما أن تكون مادة شبه الموصل نوع السالب N-type فيسمى الترانزستور ذو قناة سالبة أو من مادة شبه الموصل نوع الموجب P-type ويسمى ترانزستور ذو قناة موجبة.

يعمل ترانزستور تأثير المجال عند ربط نضيدة بين المصدر والمصرف حيث يعمل المجال الكهربائي بين قطبي النضيدة على تحريك الحاملات الأغلبية في جسم الترانزستور مكونة تياراً يمر من المصدر إلى المصرف I_D ويعمل جسم الترانزستور كقناة لعبور الحاملات يزداد التيار I_D خطياً بزيادة فرق الجهد بين المصرف والمصدر V_{DS} إلى أن يصل إلى التشبع (أي كل الحاملات تستجيب إلى المجال فيتوقف التيار عن الزيادة بالرغم من زيادة الجهد V_{DS})



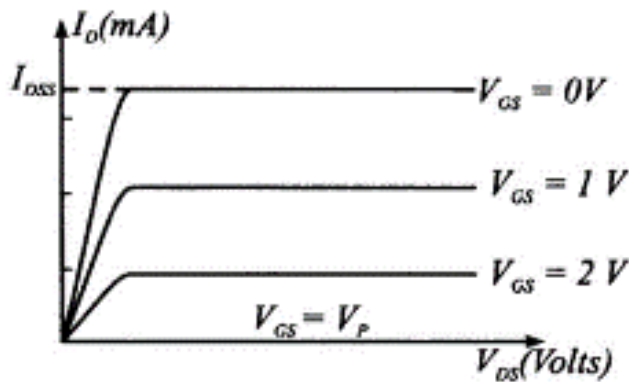
شكل (1)

تسمى قيمة التيار عند التشبع بتيار التشيع ويرمز لها بـ I_{DSS} . يمكن التحكم في مقدار التيار المار بالتحكم في مساحة مقطع القناة وهذا يتأتى بوضع جهد عكسي على البوابة بزيادة الجهد العكسي على البوابة تتسع منطقة الإستنزاف بين البوابة وجسم الترانزستور وهذا يؤدي إلى تضيق القناة إلى أن تصل إلى الحد الذي يمنع فيها مرور الحاملات تماماً عندها يطلق على جهد البوابة V_{GS} بجهد الإختناق pinch off voltage ويرمز له بالرمز V_P في هذه التجربة سنحاول دراسة تأثير كل من V_{GS} و V_{DS} على

التيار I_D والذي تحكمه عند التشيع المعادلة :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

والتي تتمثل بالمنحنيات الموضحة في شكل (2)



شكل (2)

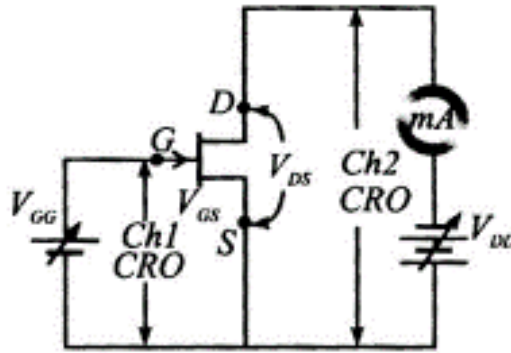
الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ترانزستور تأثير المجال FET مصدر جهد مستمر عدد 2، ملي أميتر، راسم الذبذبة المهبطي.

خطوات العمل :

1. أوصل الدائرة المبينة في شكل (3)

2. ضع V_{GS} تساوي صفر ثم غير V_{DD} تدريجياً وراقب قيمة التيار I_D تجده يزداد بزيادة V_{DS} إلى أن يصل إلى التشبع. القيمة التي يقف عندها هي I_{DSS}



شكل (3)

3. غير V_{GG} تدريجياً لزيادة قراءة V_{GS} وكننتيجة لذلك تتناقص قيمة I_D تدريجياً حتى يصل إلى صفر عندها سجل قيمة V_{GS} لتكون مساوية لـ V_P .

4. غير V_G إلى أن يصل $V_{GS} = \frac{1}{4}V_P$ وثبته على ذلك ثم غير وسجل قيمة كل من V_{DS}, I_D

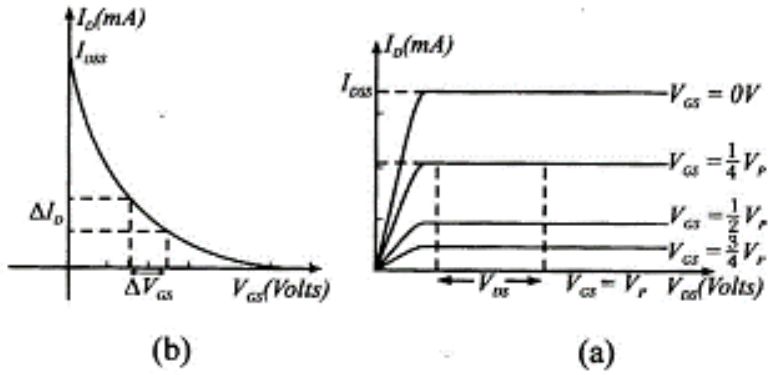
5 ثبت V_{GS} ليساوي $(V_P, \frac{3}{4}V_P, \frac{1}{2}V_P)$ وكرر الخطوة (5) في كل مرة.

$V_{DS}(V)$	$I_D(mA)$				
	$V_{GS} = 0V$	$V_{GS} = \frac{1}{4}V_P$	$V_{GS} = \frac{1}{2}V_P$	$V_{GS} = \frac{3}{4}V_P$	$V_{GS} = V_P$
0					
1					
2					
3					
4					
5					
↓	I_{DSS}				

6. أرسم خصائص دائرة الخروج لترانزستور تأثير المجال وهي العلاقة بين V_{DS} , I_D عند قيم مختلفة لـ V_{GS} كما في شكل (4 a)

7. ثبت V_{DS} عند قيمة 5 فولت : غير V_{GG} وسجل كل من I_D , V_{GS} وضعها في جدول كالمبين:

$V_{GS}(V)$	$I_D(mA)$
0	I_{DSS}
↓	
V_P	0



شكل (4)

(ت) أرسم الخصائص الإنتقالية لترانزستور تأثير المجال وهي العلاقة بين V_{GS} , I_D كما هو موضح في شكل (4 b)

النتائج والحسابات :

1. أحسب مقاومة الخروج من الترانزستور r_d من شكل (4 - a)

$$r_d = \left(\frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right)_{V_{GS} \text{ const}}$$

2. أحسب الموصلية الإنتقالية للترانزستور g_m من شكل (4 - b)

$$g_m = \left(\frac{\Delta I_D}{\Delta V_{DS}} \right)_{V_{DS} \text{ const}}$$

3. أحسب معامل تكبير الجهد للترانزستور .

$$A_v = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} = \left(\frac{\Delta I_{DS}}{\Delta I_D} \right) \cdot \left(\frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \right) = g_m r_d$$

الأسئلة

- قارن بين خصائص الخروج لترانزستور أحادي القطبية وآخر ثنائي القطبية.
- لماذا نرسم خصائص دائرة الدخول لترانزستور تأثير المجال؟
- ماهي فائدة الخصائص الانتقالية لترانزستور تأثير المجال ؟

التجربة رقم (84)

مكبر ترانزستور تأثير المجال

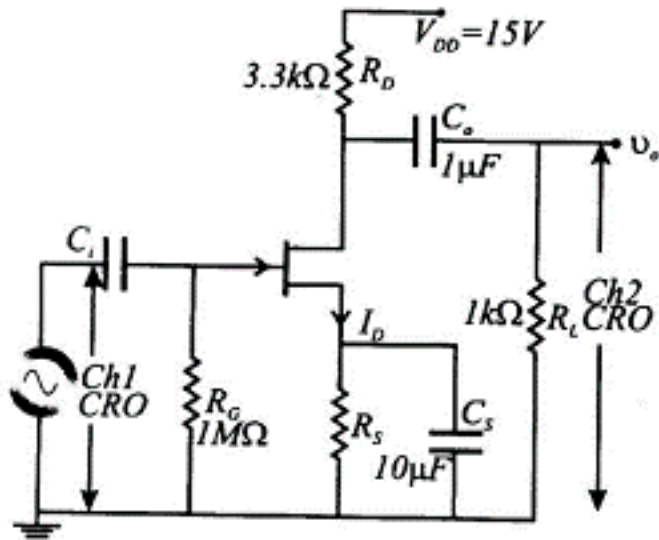
Field effect transistor amplifier

الغرض من التجربة :

التعرف على دائرة مكبر ترانزستور تأثير المجال وحساب المتغيرات الخاصة به مثل معامل تكبير الجهد (A_v) مقاومة الدخول (Z_i) مقاومة الخروج (Z_o) والنطاق الترددي للمكبر.

النظرية :

الدائرة المبينة في شكل (1) تمثل مكبر ترانزستور تأثير المجال حيث يستخدم مصدر جهد مستمر V_{DD} لتغذية كل من المصرف والبوابة وتغذي البوابة عن طريق المقاومة R_s . ويوضح الشكل (2) الدائرة المكافئة للمكبر ومن تحليل الدائرة المكافئة نجد أن:



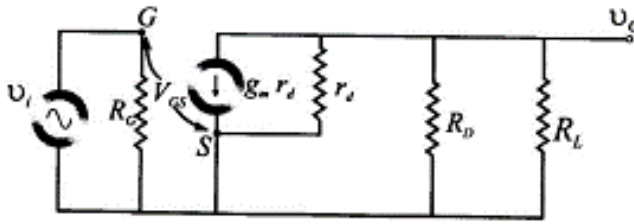
شكل (1)

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m r_d // R_D // R_L \quad .1$$

$$Z_i = R_G$$

.2

$$Z_O = r_d // R_D // R_L$$



شكل (2)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ترانزستور تأثير المجال ذو قناة سالبة مصدر جهد مستمر (15V)، مذبذب راسم الذبذبة المهبطي، مقاومات مكثفات

خطوات العمل :

1. أوصل دائرة المكبر المبينة في شكل (1) مستخدماً موجة جيبية سعتها 10 mV وترددتها 10 KHZ

2. قس سعة كل من الموجة الداخلة والخارجة (مع مراعاة أن تكون الإشارة الخارجة غير مشوهة، مكبرة، معكوسة).

3. في كل من مقاومة الدخول للمكبر وكذلك مقاومة الخروج بنفس الكيفية المستخدمة في دراسة مكبر الباعث المشترك.

4. أوجد النطاق الترددي للمكبر وذلك كالآتي:

(a) أحسب سعة الجهد الخارج ٧٠% في مدى التردد المتوسط 10 kHz.

(b) ثم أحسب الجهد الخارج عند تردد نصف القدرة $0.707 V_o$.

(c) إبحث في المدى المنخفض للترددات عن التردد الذي تكون عنده سعة الموجة الخارجة يساوي $0.707 V_o$ هذا التردد هو تردد نصف القدرة السفلي f_1

(d) الآن ابحث في مدى الترددات المرتفعة عن التردد الذي تكون عنده سعة الموجة الخارجة مساوية لـ $0.707 V_o$ وهذا هو تردد نصف القدرة العلوي.

النتائج والحسابات :

1. أحسب معامل التكبير $A_v = V_o / V_i$ وقارن بالقيمة المتوقعة نظرياً والمبينة في معادلة (1).

2. قارن بين قيمة Z_o , Z_i العملية والنظرية.

3. حدد النطاق الترددي للمكبر.

الأسئلة:

- قارن بين خواص مكبر ترانزستور تأثير المجال ومكبر الباعث المشترك.
- أرسم دائرة مكبر ترانزستور تأثير المجال باستخدام ترانزستور ذو قناة موجبة.
- ماذا يحدث لكل من A_v و Z_i , Z_o عند نزع C_s من الدائرة ؟ ولماذا؟
- اشرح تأثير زيادة أو نقصان مقاومة الحمل R_L على خواص المكبر.

الجزء الثالث

تجارب مختبر الفيزياء النووية

(باللغة الانكليزية)

GRAPH

A graph of R' against $\frac{1}{d^2}$ should yield a straight-line plot, passing through the origin of co-ordinates,* if the inverse square law conditions hold.

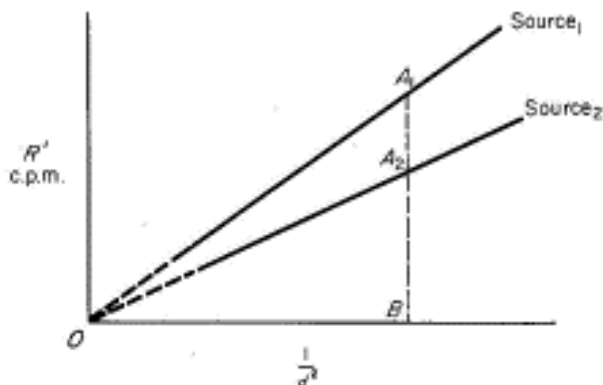


FIG. 150.2

Comparison of source intensities

Clearly the gradient of the line so obtained is a measure of the strength of the source used in the experiment. Accordingly, if the experiment is repeated using a second source (but all other equipment as before) a comparison of source strengths can be made by comparing gradients of the two linear plots. Thus,

$$\begin{aligned}\frac{\text{Strength of source}_1}{\text{Strength of source}_2} &= \frac{\text{gradient of line } OA_1}{\text{gradient of line } OA_2} \\ &= \frac{A_1B}{OB} / \frac{A_2B}{OB} = \frac{A_1B}{A_2B}\end{aligned}$$

If a standard y-source of known strength is available the student might well estimate the 'strength' of his luminous watch in this way.

*** Systematic errors in measuring d will affect this, however**

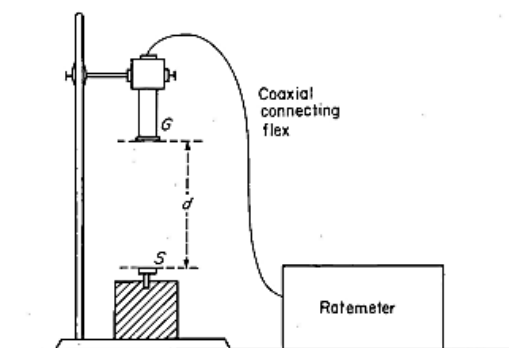


FIG. 150.1

APPARATUS

Geiger-Muller tube (γ counting), stand with clamp for supporting Geiger-Muller tube, radiation source (e.g. $5 \mu \text{Ci}$ y-source) with supporting base, forceps for handling source, ratemeter, 'optical' calipers, metre rule.

METHOD

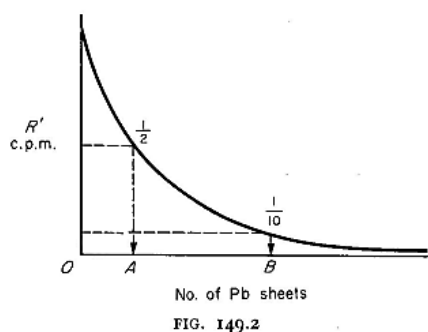
Arrange the apparatus as shown in Fig. 150.1 with the window of the Geiger-Muller tube a vertical distance d above the source point. This distance is to be varied (by clamp adjustment) during the experiment, and can be measured against the metre rule set vertically in the clamping system against the tube, or by the usual 'optical' caliper method. (If the latter method is used, care must be taken not to pierce the source film by any sharp attachment used in the calipers.) Now, using handling forceps, place the radioactive source in the supporting base and, with the Geiger-Muller tube at a suitable (high initial count rate) distance d from the source, note the count rate recorded by the rate-meter (after an initial 5-min warming-up period). Then successively increased d by intervals of (say) 4-5 cm and note the count rate in each position. Finally, remove the source and take the background count (average of three counts) and, having made adjustments for background, apply 'dead time' corrections to get the true count rate R' for each position. Tabulate the results and proceed as indicated.

RESULTS

Average background count = c.p.m.

d cm	Observed count rate c.p.m.	Corrected count rate (R') c.p.m.

GRAPH



A plot of R' against the number of lead absorbing sheets produces the attenuation graph shown in Fig. 149.2. The student should read off the equivalent number of sheets for reducing the intensity to: (a) half its initial value, and (b) to one-tenth of its initial value. These are marked respectively OA and OB on the graph. Then, knowing the sheet thickness, he can convert these values into the 'half lead thickness' and 'tenth lead thickness' respectively. Thus, if s cm is the thickness of each lead sheet,

'Half thickness' = $OA \times s$ cm of Pb

'Tenth thickness' = $OB \times s$ cm of Pb

(For a Co^{60} source these values are respectively 1.25 and 4.01 cm of Pb.)

Linear and mass, absorption coefficients for γ -rays

The interaction of γ -radiation with matter is a complex subject, the attenuation of a beam depending on photo-electric absorption, Compton scattering and pair production. The relative importance of each of these processes depends, in any given case, on the initial energy of the γ -photons and on the

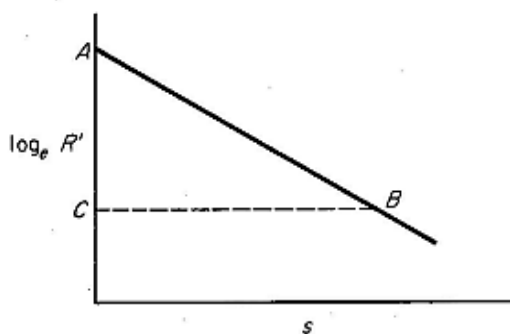


FIG. 149.3

atomic weight of the absorbing material, but it has been shown that the attenuation produced follows closely on exponential law (see Fig. 149.2). Thus, if I_0 is intensity after passing through a thickness s of filter, then

$$I = I_0 e^{-\mu s}$$

where μ is the **linear-attenuation (or absorption) coefficient** (measured in cm^{-1}).

In these experiments I is proportional to R' (the corrected counting rate). Whence,

$$\dot{R} = \dot{R}_0 e^{-\mu s}$$

or, taking logs,

$$\log_e \dot{R} = \log_e \dot{R}_0 - \mu s$$

A semi-logarithmic plot ($\log R'$ against s) will yield the straight line of Fig. 149.3-the gradient of which yields a value for μ .

Thus,
$$\mu = \left| \frac{AC}{CB} \right| = \text{—————} \text{ cm}^{-1} \text{ (for Pb from the results of this expt.)}$$

—

Another way of estimating the absorption of γ -rays by matter is in terms of the **mass absorption coefficient** (η), η being defined as μ/ρ (ρ being the density of the absorbing medium in g cm^{-3}) and is usually expressed in $(\text{cm}^2)\text{g}$ units. The student should obtain the value for η from his observations with Pb sheet absorbers. If a supply of sufficiently thick sheets of Cu, Zn, Al, etc., is available he should also find the η values for these absorbers and comment on the results obtained

Experiment 92

Attenuation of γ -rays by matter

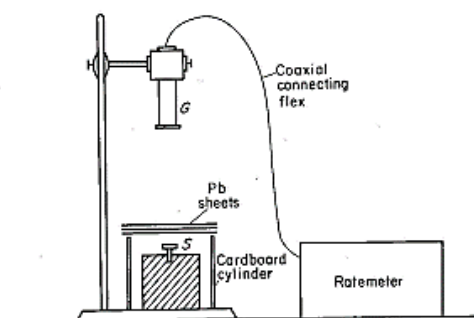


FIG. 149.1

APPARATUS Geiger-Muller tube (γ -counting), stand with clamp for supporting Geiger-Muller tube, radiation source (e.g. μ C_i Co γ - source) with supporting base, forceps for handling source, ratemeter, several lead sheets, each of 2-3 mm thickness. Open cardboard cylinder to support lead sheets above source see Fig. 149.1. (Alternatively, use lead castle arrangement-if available). Micrometer screw gauge (for measuring thickness of absorption sheets).

METHOD Arrange the apparatus as shown in Fig. 149.I. Switch on the ratemeter and allow it to warm up for 5 min. Using handling forceps, place the radiation source in position and adjust the position of the Geiger-Muller tube until a fairly high counting rate is recorded by the ratemeter when there are no lead sheets screening the source. Note this rate, and take a series of readings of count rate (with the Geiger-Muller tube at its fixed distance from the source) as a succession of lead sheets is placed above the source. Now remove the lead sheets and radiation source and take the background count (average of three recordings). Adjust the observed count rates for background, correct for 'dead time', tabulate and proceed as under.

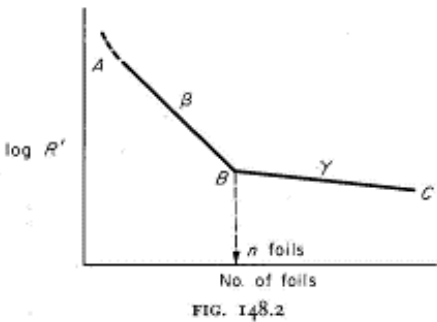
RESULTS

Average background count = c.p.m.

No. of lead sheets	Observed count rate c.p.m.	Corrected count rate (R') c.p.m.
0		
1		
2		
.		
.		

GRAPH

The absorption of β -particles by matter (in this experiment Al foils) is approximately exponential. This is shown by the straight-line section AB of the graph. After B , the absorption produced by the foils is much less marked, the section BC representing, in fact, absorption of the γ -rays emitted from the source. The point B thus represents the maximum foil penetration by the β -particles. Let this be n foils (say). Then having obtained the superficial density ($mg/sq\text{ cm}$) of the Al foil used--by weighing a piece of measured area--the maximum range R for the β -particles in the Al can be obtained in $mg/sq\text{ cm}$ units. Thus if full β -extinction is obtained with a foils, each of superficial density $w\text{ mg/sq cm}$, the range of the β -particles in Al is $naw\text{ mg/sq cm}$ units.



Now it has been found that 1 cm of air is equivalent to 1.3 $mg/sq\text{ cm}$ of Al in absorbing β -particles; hence the air range for these particles can now be found from the air equivalent of the Al for full absorption *plus* the intervening air gap between the foils and Geiger-Muller tube, or the equivalent air thickness of the tube window (maker's specifications).

Estimation of maximum energy of a β -ray stream

From the range R (expressed in mg/sq cm units of Al), it is possible to obtain an estimate of the maximum energy of the β -rays emitted by the source used in the experiment. This can be done by using the following empirical formulae given by Feather:

For $R > 300$ mg/sq cm

$$E_{max}(\text{in MeV}) - 0.00185 R + 0.245$$

For values of R between 30 and 300 mg/sq cm,

$$E_{max}(\text{in MeV}) = 0.0128 R^{0.795}$$

Values for the air range, Al range (mg/sq cm units) and the maximum energy values (MeV) for the β -particles should be obtained by the student from his experimental observations.

Note on β -rays gauge measurements

The arrangement of the Geiger-Muller counting tube and the β -source as described in this experiment can be used as a β -rays gauge for estimating the thickness of unknown foils. The β -rays absorption curve is obtained for a set of foils of uniform, known thickness as described above. The absorption foils are now removed and the unknown foil is interposed between the source and Geiger-Muller counter (without altering the disposition of the arrangement) and the counting rate obtained. Then, using the absorption curve as a calibration chart, the thickness of the unknown foil can be obtained by interpolation on the curve. For each such determination an absorption curve of the same material will, of course, be required

Experiment 91

Absorption of B-rays

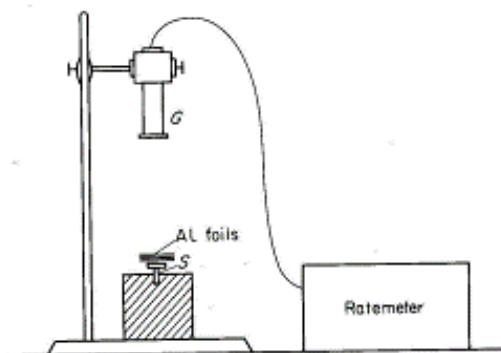


FIG. 148.1

APPARATUS

Geiger-Muller tube (γ/β counting), stand with clamp for supporting Geiger-Muller tube, radiation source (e.g. $5 \mu\text{C}$ mixed source) in supporting base, forceps for handling source. Set (about one dozen) of uniform Al foils of superficial density *c.* 80 mg/sq cm , ratemeter.

METHOD

Arrange the apparatus as shown in Fig. 148.1. Connect the Geiger-Muller tube to the ratemeter and switch on for the equipment to warm up for 5 min. Using forceps, place the radioactive source in the supporting base and adjust the height of the Geiger-Muller tube above source so that a high count rate is recorded on the ratemeter. Note the ratemeter reading and, keeping the position of the Geiger-Muller tube relative to the source fixed, take subsequent ratemeter readings as a successive number of foils is placed between the source and counter tube. Now remove the source and foils and record the background count. Finally, obtain the superficial density of the Al foil used by weighing a piece of foil of measured area.

Tabulate your observations and work out the count rate R' (corrected for background and 'dead time') from which to draw the semi-logarithmic plot indicated.

RESULTS

Background count = c.p.m.		
No. of foils	Rate meter reading c.p.m.	Corrected count rate (R') c.p.m.
0		
1		
2		
.		

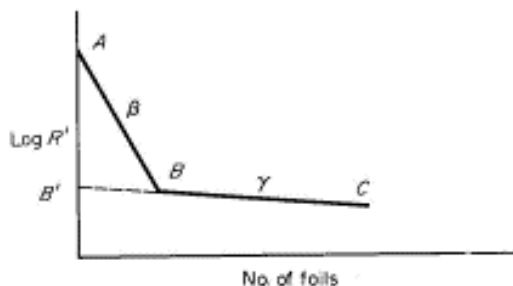


FIG. 147.2

Disintegration scheme of Co^{60}

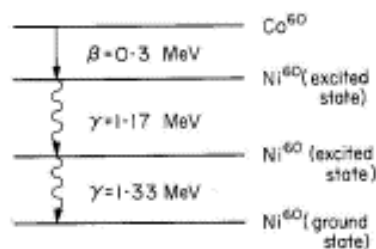


FIG. 147.3

The graph (Fig. 147.2) consists of two well-defined sections; AB, where β and γ counts are both recorded, and BC, where γ counts alone are recorded--the β -rays having been completely extinguished after B. (For fuller details of this graph see p. 261). From the value of $\log R'$ at A, the undiminished count rate R' for both β particles and γ photons can be obtained (antilog); and from the extrapolation of the graph BC to B' , the undiminished count rate R' for γ photons can be found. Thus, the undiminished count rate for β particles alone is $R'_A - R'_B$.

Now from the disintegration scheme of Co^{60} (shown, with release energies, in Fig. 147.3) it can be seen that for each β -particle emitted there are two γ -photons. This factor must be taken into account when deriving the relative β/γ counting efficiency of the tube, which may be expressed as the ratio

$$\frac{\beta}{\gamma} = \frac{2(R_A - R_B)}{R_B}$$

$$= \text{—————} \quad \text{or} \quad \text{—————}\%$$

Experiment 90

Relative efficiency of a Geiger-Muller tube for β/γ counting.

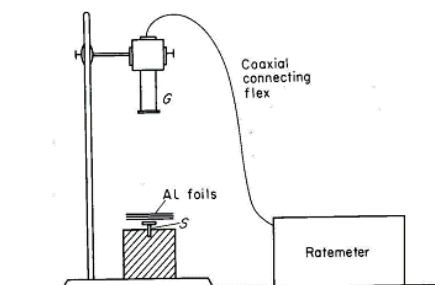


FIG. 147.1

METHOD

Geiger-Muller tube (β/γ counting), radiation source (e.g. $5 \mu \text{C}_1 \text{Co}^{60}$ source) in supporting base, forceps for handling source, ratemeter (or scaler with timing unit), series of Al foils.

APPARATUS

Arrange the apparatus as shown in Fig. 147.1. Connect the Geiger-Muller tube to the ratemeter and switch on for the equipment to warm up for 5 min. Using handling forceps, place the source in the supporting base and adjust the Geiger-Muller tube above the source so as to give a fairly high initial counting rate. Note this counting rate and, maintaining the relative positions of the tube and source constant, take a series of counting rates as a number of aluminium foils is interposed between the source and tube. Now remove the source and obtain the background rate (average of a series of observations). Correct all previous readings for background, and for 'dead time'. Tabulate all observations, draw a semi-logarithmic plot of corrected rate (R') against the number of absorbing foils and then proceed as indicated below.

RESULTS

Background counts (per min) =

Average background count = per min

No. of foils	Ratemeter reading c.p.m.	Corrected count rate (R') c.p.m.
0		
1		
2		
⋮		

THEORY

Now if the area of the Geiger-Muller tube window is 4 cm² (maker's specifications, or obtained from diameter measurements)

which is set d cm above the source S , then (assuming uniform emission of the β -rays in the upper hemispherical region around S), the proportion of β -particles entering the tube window will be

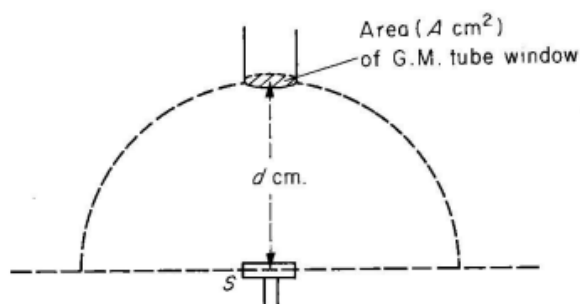


FIG. 146.2

$$\frac{A}{2\pi d^2}$$

Now the number of disintegrations undergone by a I-C₁ source per second is 3.7×10^{10} (see p. 250). Hence, for a I- μ Ci-source there will occur

$3.7 \times 10^4 \times 60$ disintegrations (emitted β -particles from the source in question) in 1 min, and the number of these entering the tube window will be

$$\frac{A}{2\pi d^2} \times 3.7 \times 10^4 \times 60$$

Thus, the tube efficiency for β -counting may be expressed as

the number of recorded ionizing events in the tube in a given time
the calculated number of β -particles entering the tube in the same time

$$\begin{aligned}
&= \frac{(\text{corrected}) \text{ recorded counts per min}}{\text{calculated } \beta \text{ arrivals per min}} \\
&= \frac{\dot{N}}{\frac{A}{2\pi d^2} \times 3.7 \times 10^4 \times 60} \\
&= \dots \dots \dots \text{or} \dots \dots \dots \%
\end{aligned}$$

Experiment 89

Efficiency of a Geiger-Muller tube for β counting.

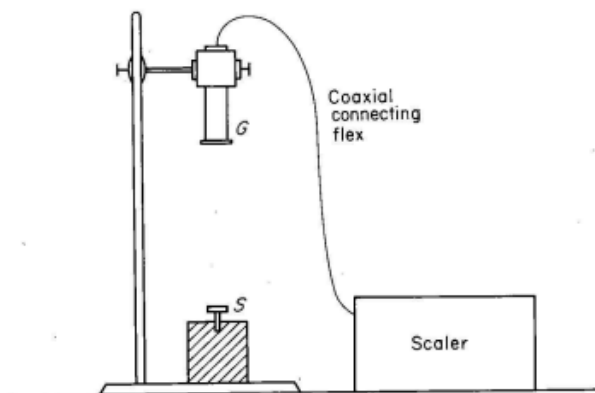


FIG. 146.1

METHOD

Geiger Muller tube, radiation source (e.g. $1 \mu \text{C}_1 \text{Sr}$ β -source) in supporting base, forceps for handling source, scaler clamp and stand, stop-watch, metre rule

APPARATUS

Arrange the apparatus as shown in Fig. 146.1. Connect the Geiger-Muller tube to the scaler and switch on for the equipment to warm up for 5 min. Using handling forceps, place the radioactive source in the supporting base and adjust the Geiger-Muller tube so that its 'window' is at a measured distance (5 cm say) vertically above the source. Note the number of counts recorded by the scaler in a period of (say) 5 min, and hence obtain the number (N) of counts

RESULTS

APPARATUS

METHOD

RESULTS	Counts with source, alone: c.p.m.	average =	
	Counts with sources 1 and 2 together:	average =	„
	Counts with sources alone:	average =	„
	Background counts:	average =	„

Now if R_1, R_2 , and R_3 are, respectively, the observed rates (corrected for background) for source₁ alone, source₂ alone, and sources 1 and 2 together, and if R'_1, R'_2, R'_3 are the corresponding true rates of arrival of ionizing events, we have, since the experimental conditions (and, in particular, the geometry of the counting arrangements) are the same for the two sources, $R'_3 = R'_1 + R'_2$

and, from the preceding section,

$$\text{source}_1 \text{ alone: } R'_1 - R_1 = R'_1 R_1 \tau$$

$$\text{source}_2 \text{ alone: } R'_2 - R_2 = R'_2 R_2 \tau$$

$$\text{source}_1, \text{ and source}_2 \text{ together: } (R'_1 + R'_2) - R_3 = (R'_1 + R'_2) R_3 \tau$$

when is the dead time of the counter.

By neglecting terms of the order $(R\tau)^2$, these three equations can be solved to give the following expressions for τ : $\tau = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2R_1 R_2}$

Hence, using the results above, we have for the counter in question,

$$\tau = \dots \dots \dots sec$$

Experiment 88

Dead time of a Geiger-Muller tube

Introductory

When an ionizing event takes place in the Geiger region of a counter tube an avalanche of electrons is formed in the neighbourhood of the positively charged axial wire, leaving a cylindrical sheath of positive ions. This positive-ion sheath now moves outward to the cathode (where the ions are neutralized), but the tube will be insensitive to any further ionizing event during the delay in the recombination of the gas molecules. This period of insensitivity is known as the **dead time** of the tube. Immediately following this period an ionizing event can again be detected, but at smaller pulse amplitude. With delay the pulse will be larger until a time will arrive when the pulse amplitude is fully restored. This further time for full recovery of sensitiveness is known as the **recovery** time of the tube. Both these times refer particularly to the detection mechanism.

By using halogen agents to quench the discharge, counters are available with dead times of μ -sec, which means that 4000 evenly spaced pulses per sec can be detected.

The **resolving time** of the associated recording apparatus (i.e. the minimum interval between which counts can be recorded) not infrequently lowers the upper limit of recorded counts, however.

Correction of recorded counts

Suppose

R = number of counts per sec actually recorded by the counting device,

τ = dead time (in sec) initiated by each count, and

$\dot{R}$ = true mean rate (per sec) of the ionizing events arriving at the tube, then, the total insensitive time for the counter at the recorded rate R will be $R\tau$ sec in every second. Hence, if the particles are arriving at the average rate of R' per sec the number of counts not registered by the counter in each second will be $R' R\tau$, which number is clearly equal to $R' - R$. Thus, we have

$$R' - R = R' R\tau$$

from which

$$R' = \frac{R}{1 - R\tau}$$

This is a reasonably reliable expression for correcting the recorded counts for dead time effect, provided the counting rate is less than $c \frac{1}{10\tau}$ imposed

by the electronic quenching circuit. (For a tube of dead time 250 μ - sec this gives a counting rate of up to 400 per sec for the applicability of the above correction.)

Experimenta

To determine the dead time of a Geiger counter by the double-source method

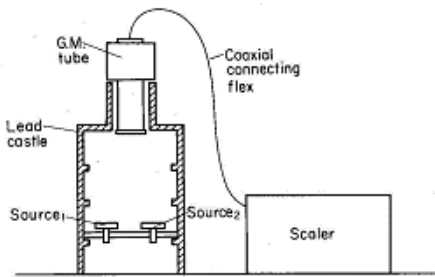
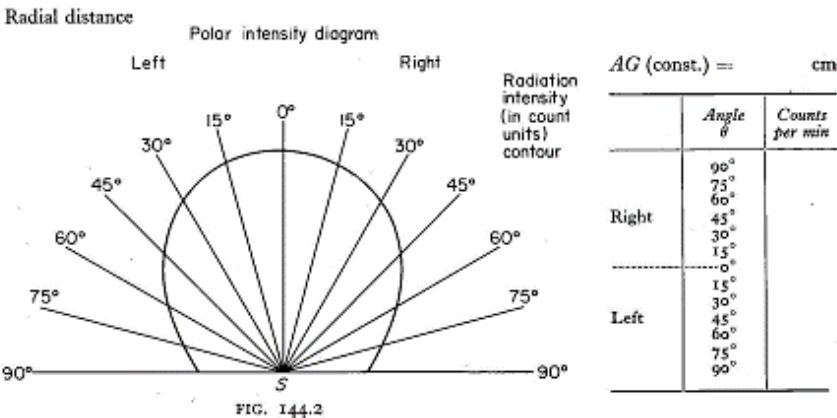


FIG. 145.1

RESULT

S



NOTE For conversion of the observations into standard radiation flux units, see notes on p. 251.

Note on the statistics of radiation counting

In the sense that the disintegration of a radio nuclide is not affected by the decay of neighbouring atoms nor, indeed, by any physical variable, such as temperature, pressure, etc., the emissions from such a nuclide may be considered to occur in a purely random manner. This means that the counting rate of these emissions will show random fluctuations which, of course, assume significance in assess- ing the reliability of recorded counts.

The arithmetic mean of a series of such counts will not, of course, give any information regarding the spread of the observations from the mean; for this recourse must be made to the **standard deviation** (σ) of the observations. Now by applying probability theory to the problem of radioactive decay, and particularly the Poisson probability distribution function, it can be shown that the standard deviation for a number of observed counts N is given by the expression $\sigma = \sqrt{N}$. This means that the observed value N may be considered as reliable only between

the limits $N \pm \sqrt{N}$ or, in other VN words, that the error in its determination is $\pm \frac{\sqrt{N}}{N}$. Thus, for a count total of 10,000, the inherent counting error is ± 100 or 1% of the recorded number. Errors greater than 1% will be associated with counts of less than 10,000 and the limitation of counting procedure is immediately obvious, for with a weak source a long count period will be required if counts are to be within the above tolerance range and, of course, during this time the activity of the source (unless long lived) may become appreciably attenuated.

Note on background count corrections

In most counts described in these exercises the normal procedure is to carry out a counting sequence using a given source and then to correct for background effects--the difference giving the count result for the source alone. The errors associated with these results, however, must be calculated from the associative law of standard deviations, viz. $\sigma_z^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$. Thus, if x refers to the source and background (count of, say, 324 ± 18 per min), and y to the background alone (count of, say, 36 ± 6 per min), the count rate per min for the source alone is $288 \pm \sqrt{(18)^2 + 6^2} = 288 \pm 19$.

•The average of the squares of the deviations of a series of observations from the mean value is known as the **variance** (σ^2) of the data. **The standard deviation** (σ) is thus the root mean square deviation of the data-measured from the mean.

Experiment 87

Counting and monitoring exercises using a Geiger-Muller tube and scaler

APPARATUS (a) Background Counting

Geiger-Muller tube with scaler, stop-watch.

METHOD Connect the Geiger-Muller tube to the scaler. Switch on the scaler and allow it to warm up for 5 min. Ensure that no radioactive source is anywhere in the vicinity of the Geiger-Muller tube, then set the scaler and switch to counting position simultaneously starting the stop-watch. Note the number of counts (N) recorded in each period of three 20-min counting periods. Set down observations with appropriate counting rates (R). Now calculate the counting error for each rate of count as outlined in p. 253.

RESULTS		Count ₁	Count ₂	Count ₃
	N	= ,	‘	
	R	= ,	‘	
	Counts per min	= ,	‘	
	Counting "error"	= ,	‘	

RESULTS (b) Directional emission from a radioactive source

METHOD Geiger-Muller tube (β/γ counting), stand with clamp. for supporting Geiger-Muller tube, radiation source (e.g. 5 μ C, mixed source) in supporting base, forceps for handling source, scaler, stop-watch.

Arrange the apparatus as shown in Fig. 144.1. Connect the Geiger Muller tube to the scaler for the equipment to warm up for 5 min. Set the Geiger-Muller tube in the stand so that the window points to the source centre S at a fixed radial distance

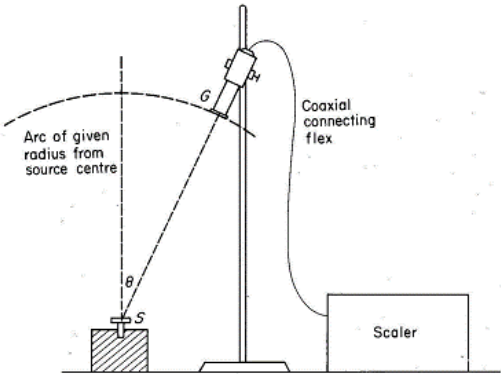


FIG. 144.1

from it, the axis of the tube making an angle of with the vertical through S. Using forceps, place the radiation source in the supporting base, then observe the number of counts recorded in 1 min (say). Repeat for a series of values of θ at intervals of 15° on either side of the vertical (and including the vertical setting) keeping the Geiger-Muller window always facing S and at a constant radial distance from it. In each position note the number of counts recorded in a period of 1 min. Correct for background and set down observations as under. Then draw the polar intensity distribution diagram (count rate along polar distance) as indicated.

An approximate formule giving the rate Dr . (in rad /hr) at adistance of I ft (30 cm) from source of strength C_i curies emitting γ -radiation of total energy E mega-electron-volts is $Dr = 6C_iE$. Thus I me of Co^{60} , which emits two y-rays of 1.17 and 1.33 MeV, would produce a radiation flux rate

of $6 \times 10^{-3} \times 2.5 = 15$ mR/hr at a distance of 1 ft from the source or, at a distance of 2 ft (applying the inverse square law), of 3.75 mR/hr ($= \frac{1}{2}$ M.P.L. for 40-hr week working). School sources are limited to a few micro-curies only. Thus, with a 5- μ c source the y-flux rate at a working distance of 2 ft is only 18.75 μ R/hr. With two 3-hr periods (say) of practical work per week this would summate about 100 μ R or only $\frac{1}{3000}$ of the M.P.L. Indeed, this intensity is comparable with the dose rate from background radiation which is of the order of 10-20 μ R/hr. A teacher working with students for 10 hr per week over a 6-week period would absorb (under the above conditions) about 1 mR of

γ -radiation from the experimental source as against about 20 mR from background. None the less, the dose rate is a function of distance and is sufficiently increased when handling (even with forceps) that constant care be given to this matter.

For the estimation of school laboratory dose levels, as well as for general monitoring work, the Geiger-Muller tube with a scaler (or, for more rapid recording, a ratemeter) serves well. Although the tube counting rate depends on the energy of the radiation and type of detector, the low-voltage tubular β/γ counting devices of the type usually found in school laboratories can be taken as having a dose-rate detection factor of approximately 2 counts per minute for, each μ R/hr of γ -radiation flux (i.e. approximately 30 counts per minute for the average background of 15 μ R/hr). Admittedly this is a somewhat rough guide, but it will serve to give a reasonable measure of γ - or X-ray field intensities. The student could

well use the Geiger-Muller tube unit to monitor, say, a low-pressure discharge tube system as well as for estimating dose levels at working distance from radioactive sources.

The electron-volt (eV) is the energy acquired by an electron falling through a potential difference of 1 volt ($= 1.601 \times 10^{-19}$ joules). The mega-electron-volt (MeV) is one million times this quantity.

Experiment. 86

Radiation hazards-dosimetry

In the course of laboratory work in modern physics α -, β -, γ -, and X-radiation will be encountered, all of which can have deleterious effects on body tissues. Although the sources available for school use are extremely weak, none the less it is important to realize that frivolous or thoughtless use of such sources can result in some radiation hazard, and it is essential that students should be taught the correct procedures (as if, indeed, they were dealing with much more potent sources) and have some realization of the factors involved.

Normal practice in radiation laboratories is for thorough washing of the hands after dealing with radioactive materials, but this, in general, will not be necessary with the encapsulated sources provided for school use-unless the covering is inadvertently, or otherwise, disturbed. Pollutions or contaminations, then, are most unlikely, and the main concern will be with radiation intensities which, in general, can be attenuated by screening and/or distance.

Of the radiations emitted from radioactive sources, the α -rays have a range of only a few centimetres in air, and thus their direct effect is negligible. They can, in any case, be completely stopped by a thin metal foil. β -rays have a far longer air range than α -particles, but, unless very energetic, can be stopped by the walls of ordinary glass containers or by thin metal sheets. γ -radiation is not nearly so easily cut off, and this forms almost the only radiation hazard to which students and teachers are exposed.

Below are set out some notes on radiation dosage measurements, but before dealing with these, it must already be obvious that as a matter of policy **radioactive sources should be handled only with forceps**, the teacher being present to supervise that this is done if students are conducting the experiment themselves.

UNITS OF SOURCE STRENGTH

The strengths of radioactive sources are measured in terms of the curie (C_1). A source has a SOURCE strength, of activity, of 1 curie when it undergoes 3.7×10^{10} disintegrations per second. It is roughly STRENGTH

UNITS OF RADIATION DOSE

equivalent to the activity of 1 g of radium. Subdivisions of this unit are used for weaker sources: thus the milli-curie (mCi) and the micro-curie (μCi). School sources are of the order of a few micro-curies.

(a) The **roentgen** is that quantity of γ -X-radiation which liberates 8.38×10^{-6} joule of energy per gramme of air, at s.t.p., by ionization.

(b) The **rad** is that quantity of radiation (α -, β -, $\text{cr}\gamma$ -) which liberates 10×10^{-6} joule of energy per gramme of air, at s.t.p., by ionization.

Both the roentgen and the rad apply to γ -radiation, although the rad is becoming accepted as the standard unit in radiation monitoring.

For supervised workers exposed to radiation hazards, a safe level of dose rate—the so-called maximum permissible level (M.P.L.)—has been agreed upon. This has been fixed at 0.3 rad per week (=75 mR/hr for a 40-hr week). For casual, or

unsupervised, workers the radiation dose must be $\frac{1}{30}$ of the M.P.L., i.e. 0.25 mR/hr for the 40-hr week. As will be seen in what follows, this is far in excess of anything likely to occur in a school laboratory.

• The actual biological effect on man depends on the type of radiation as well as the intensity. Thus the dose in rads must be multiplied by a factor—the **relative biological effectiveness**, R.B.E. (sometimes called the quality factor) to obtain the actual effect. For γ or X-rays the R.B.E. factor is taken as unity, for α -particles and protons the factor is 10, while for heavy recoil nuclei the factor is approximately 20. A unit, the **roentgen-equivalent-man** (rem—also called the dose equivalent) is sometimes used for the unit of radiation dose absorbed by man. Thus, dose equivalent in rems = dose in rads (m) $\times$ R.B.E. (η). For a mixed radiation field, the separate effects are taken as additive, hence total dose equivalent will then be $(m_1\eta_1 + m_2\eta_2 \dots \text{rems})$.

Note on count recording devices

Two types of electronic counting devices are available for use with Geiger-Muller probe units. These are: scalers and rotameters. A **scaler** is a device which directly records the counts of tube pulses, and a convenient instrument of this type would have a number of decade counting tubes ("Dekatrons") yielding counts of up to 100,000. The instrument should be sensitive, i.e. work on a low input (less than 1 volt) signal, and have a low resolution time (see p. 255). A count calibration check at mains frequency is a desirable feature. The scaler gives an integrated count of the tube pulses over a period, and thus, with an accurate stop-watch, will give an accurate mean pulse rate.

The **ratemeter**, on the other hand, is designed to record directly on a suitable panel meter the instantaneous pulse rate. A selection of measuring ranges and integrating times (for determining the speed of response of the instrument) is usually available, and both types of instrument invariably incorporate a continuously variable

(recorded) extra-high-tension (e.h.t.) unit and have a relatively high output impedance to avoid lethal polarizing potentials being applied to the attached Geiger- Muller tube.

The two instruments are complimentary in function, the scaler being used when high counting accuracy is required, but for rapid radiation monitoring the rotameter has the clear advantage.

counting. Increasing the applied voltage beyond C initiates a **continuous discharge** which may seriously harm the tube. Normally Geiger Muller tubes are operated at a voltage of about 75 volt above the Geiger threshold voltage at B, and the extent of the plateau is about 200 volt.

The plateau of a Geiger-Muller tube is never quite flat, the deviation from the ideal state being. measured as a percentage rise in pulse voltage per volt change in operating voltage. For a well- constructed tube this should be less than 0-1%, but its value increases with the age of the tube-as does the Geiger threshold voltage.

APPARATUS *Experiment to determine the characteristics of a Geiger-Muller tube.*

Geiger-Muller tube (β/γ counting), radiation source (e.g. 5 μC , mixed source) in supporting block, forceps for handling source, stand with clamp for supporting Geiger-Muller tube. Count-recording device (e.g. scaler-see Note on p. 249) with in-built h.t. and voltmeter units (if voltage unit not incorporated on external d.c. source up to 500 volt and suitable voltmeter will be required). Stop- watch.

Using handling forceps, place the source firmly in the base block on the bench. Clamp the Geiger- Muller tube in a vertical position with its entry window facing the source and at a fixed distance from it (see Fig 142.1). Connect the Geiger-Muller tube to the scaler and switch on mains for the equip- ment to warm up for 5 min (say). Now adjust the applied voltage until the scaler shows response. Note this voltage and take the average of three count rates at separate 2-min intervals. Repeat the procedure in steps of 5 volts until the Geiger-Muller threshold is reached, thereafter in steps of 25 volts. Discontinue the readings **immediately** the count rate indicates rapid rise-otherwise the Geiger Muller tube may be seriously harmed. Tabulate all observations and proceed as under.

METHO D

RESUL TS

<i>Applied volts</i>	<i>Recorded count rates</i>	<i>Average count rate</i>
	, ,	

GRAPH

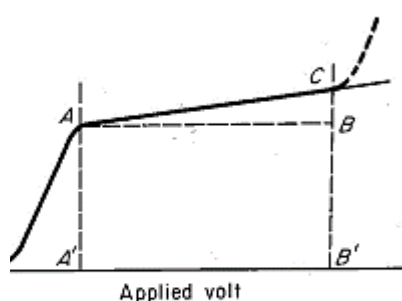


FIG. 142.3

From graph (Fig. 142.3)

Geiger threshold voltage $OA' =$ volt

Plateau length $A'B' =$ volt

Plateau slope characteristic

$$= \frac{BC}{AA'} \times 100 / A'B' \text{ (volt)}$$

$$= \text{_____} \% \text{ per applied volt}$$

Experiment 85

Characteristics of a Geiger-Muller tube

Introduction

The Geiger-Muller tube is essentially a discharge tube having a thin conducting cylinder as cathode with a coaxial wire serving as the anode.

The tube is filled with an inert gas, such as argon, to a pressure of a few centimetres of mercury together with additions of halogens, or organic vapours, to quench the discharges. When a suitable potential difference is applied across the electrodes the entry of a particle (α or β) or a γ -photon into the tube initiates an ionizing event which produces

a pulse of voltage across a resistor connected externally across the electrodes. This voltage pulse can be recorded variously by a cathode-ray tube, a scaler, pulse electroscopes, etc., and in general, varies in conjunction with the voltage applied across the tube electrodes.

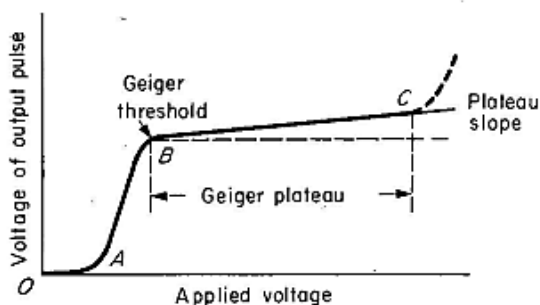


FIG. 142.1

This is shown in Fig. 142.1.

For very low values of the applied voltage the very small ionization currents that may result from the ionizing event require a high-gain amplifier for recording, but as the applied voltage is increased the electrons released in an ionizing event acquire sufficient energy to ionize neutral atoms of the filling gas. The electrons produced by these collisions may cause further ionization and so on. This process is known as **gas amplification** and implies that the magnitude of the resulting voltage pulse in the external circuit increases with the applied tube volts. This is indicated by the range AB on the graph (Fig. 142.1) and is known as the **proportionality region** of the counter.

Further increase in the applied voltage increases the gas amplification, the ionizing cascade of electrons spreading along the whole length of the

anodic wire. Strong output pulses now result which are almost independent of the strength magnitude of the initiating ionizing process. This more or less horizontal region (B-C) is called the **Geiger plateau** and is the range used in Geiger-Muller

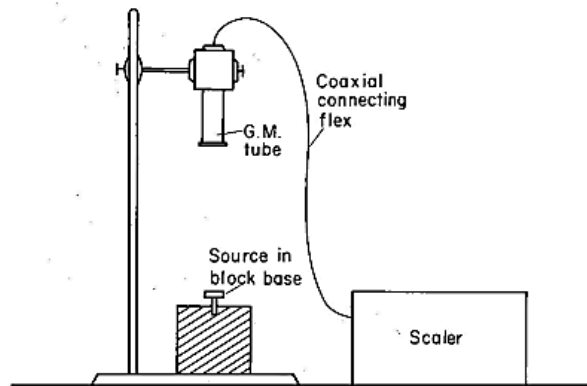


FIG. 142.2

أسئلة:

1. هل كتلة الجسم في إحدى المقاييس لاستمراريتها؟
2. ما الفرق بين القوة (F) والوزن (W)

تحويل الوحدات:

قوة	كتلة	تسريع	وزن	كتلة	تسريع أرضي
↖	↖	↖	↖	↖	↖
Newton Law $F = m a$			$W = m g$		
$g =$ تسريع أرضي			$F, w - \text{in (N)}$		
			$M - \text{in (Kg)}$		
			$a, g - \text{in m /sec}$		

لنأخذ بعض الأمثلة في التحويل من وحدة إلى أخرى :

EX 1:

$$1\text{N} = 1\text{Kg} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$1\text{N} = \left(1\text{Kg} \times 1 \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}}\right) \times \left(1\text{m} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}}\right) \times \frac{1}{\text{sec}^2} = 100000 \frac{\text{gm} \cdot \text{cm}}{\text{sec}^2} = 10^5 \text{dyne}$$

$$1\text{N} = 10^5 \text{dyne}$$

EX 2:

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \left[1 \text{kg} \times \frac{1000 \text{gm}}{1\text{kg}}\right] \times \left[\frac{1}{\text{m}^3} \times \frac{1\text{m}^3}{10^6 \text{cm}^3}\right] = \frac{1000 \text{gm}}{10^6 \text{cm}^3}$$

$$\rightarrow 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1}{1000} \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$$

M كتلة

V حجم

EX 3:

$$T = 1 \frac{N}{m} \rightarrow 1N \times \frac{10^5 dyne}{1N} \times \left[\frac{1}{m} \times \frac{1m}{100cm} \right] = 1000 \frac{dyne}{cm}$$

$$\rightarrow 1 \frac{N}{m} = 1000 \frac{dyne}{cm}$$

EX 4:

سيارة سرعتها 60 $\frac{km}{sa}$ جد سرعتها ب $\frac{كم}{دقيقة}$ وسرعتها ب $\frac{متر}{ثا}$

Speed of a car ($60 \frac{km}{hr}$)

$$1. v = 60 km \times \left[\frac{1}{1 hr} \times \frac{1 hr}{60 min} \right] = 1 \frac{km}{min}$$

$$2. v = 60 km \times \frac{1000 m}{1km} \times \left[\frac{1}{1 hr} \times \frac{1 hr}{3600 sec} \right] = 16.67 \frac{m}{sec}$$

EX 5 :

لديك أرض مساحتها 1000 دونم ماهي مساحتها بالكم² و ب م² ؟ علماً (1 دونم = 2500 م²)

$$1. 1000 \text{ دونم} = 1000 \text{ دونم} \times \frac{2500 \text{ م}^2}{1 \text{ دونم}} = (2.5) \text{ مليون م}^2$$

$$2. 1000 \text{ دونم} = 1000 \text{ دونم} \times \frac{2500 \text{ م}^2}{1 \text{ دونم}} = 1 \text{ كم}^2 / 1000000 \text{ م}^2 = (2.5) \text{ مليون كم}^2$$

$$\therefore 1 \text{ كم}^2 = 1 \text{ مليون م}^2$$

المصادر

مصادر أجنبية:

- 1) A LABORATORY MANUAL OF PHYSICS
F. TYLER FOURTH EDITION
- 2) BRACKTICAL PHYSICS
E. ARMITAGE SECOND EDITION

مصادر عربية:

(3) الفيزياء العملية (3):

د. محمد سعيد محاسن د. كنج الشوفي د. أحمد اليحيى

(4) تجارب في الفيزياء المتقدمة : جزء اول ، جزء ثاني

د. كريمة محمد الشريف د. يوسف مولود حسن د. فرج جمعة المزوغي أ. محبوبة محمود لياس

(5) الفيزياء العملية : تجارب في خواص المادة / ميكانيك ، بصريات

د. بثينة عبد المنعم ابراهيم

(6) الفيزياء العملية : ميكانيكا السوائل والغازات - الحرارة - الضوء - الصوت

د. رائد فايز المدانات

(7) الفيزياء العملية :

د. احمد حصري د. احسان الموصلي عمر طه

(8) الفيزياء العملية : الجزء الأول ، الجزء الثاني (للمرحلة الثانية)

(9) الفيزياء العملية المرحلة الأولى

سهام فندلا ابراهيم الناصر

(10) الفيزياء للعلميين والمهندسين

ريموند أ. سيرواي روبرت ج. بكتز جون و جيويث

(11) البصريات العملية للمرحلة / 3

أ.د. عبد عون كاظم السعدي م.م. حوراء محمد عباس الميالي م.م. ازهر عبد الزهره رحيم النصروري

Class A (2018-2019)